Über die Bewegung des Roten Fleckes auf dem Planeten Jupiter.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt von der

philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin.

Von

Hans-Hermann Kritzinger,

aus Boitzenburg in der Uckermark.

ACAD. LAND.BAT. BIBL.

Tag der Promotion: 20. Dezember 1911.

1911.

Druck von Trowitzsch & Sohn in Berlin SW.

-85

Referenten:

Professor Dr. Hermann Struve.
Professor Dr. Fritz Cohn.

Frau Baronin

Paula von Puttkamer

in dankbarer Verehrung

zugeeignet.

Inhaltsübersicht.

Seite

1. Plan der Untersuchung 5
2. Grundlagen der Reduktionsrechnung 7
   a) Die Lage des Jupiteräquators 7
   b) Die Vergleichsrotation und die Lichtgleichung 11
   c) Die Ephemeridenrechnung 12
   d) Die Reduktion der Messungen 13
3. Die Bewegung des Roten Fleckes von 1880 bis 1911 14
4. Aufsuchung früherer Beobachtungen von 1879 bis 1831 16
5. Übersicht der älteren Literatur bis 1740 50
6. Beobachtungen aus der Cassinischen Epoche 54
7. Übersicht der Bewegung des Roten Fleckes von 1831 bis 1911 . . 55
8. Übersicht der Bewegung des Schleiers von 1840 bis 1911 60
9. Zusammenfassung der Hauptergebnisse 65
10. Ephemeriden und Hilfstafeln 66

Plan der Untersuchung.

Der Plan vorliegender Untersuchung, deren Anregung ich Herrn Geheimrat Struve verdanke, ist folgender:

Es soll die Bewegung des Roten Fleckes auf dem Planeten Jupiter innerhalb eines möglichst großen Zeitraumes untersucht werden.

Durch die soeben veröffentlichten Jupiterbeobachtungen von Herrn Professor Lohse[1]) ist die Bewegung des Roten Fleckes seit dem Jahre 1878 in ihren Hauptzügen bekannt geworden. Da aber außer diesen noch sehr viele andere Beobachtungen veröffentlicht sind, und mir überdies eine ganze Anzahl weiterer auf meine in den A. N.[2]) ausgesprochene Bitte mitgeteilt worden sind, so hätte die Arbeit, falls auch dieses Material vollständig mit verwertet worden wäre, einen außerordentlichen Umfang angenommen. Aus diesem Grunde sind zwar für den Zeitraum von 1880 bis zur Gegenwart im Allgemeinen die Ergebnisse der Lohseschen Untersuchung übernommen worden. Immerhin habe ich aber an dem Material der Opposition 1879 gezeigt, wie ich später auch das Material dieses Zeitabschnittes im Einzelnen bearbeiten zu können hoffe. Sonst ist besonderer Wert darauf gelegt worden, alles nur irgend erreichbare Material vor 1878 hier zu verwerten. Auch die Beobachtungen der Cassinischen Epoche liegen bereits reduziert vor. Von einer Veröffentlichung derselben kann jedoch an dieser Stelle Abstand genommen werden, da das in jener Zeit verfolgte Objekt, wie ich später nachweisen werde, nicht mit dem Roten Fleck identisch ist.

Außerdem sind hier zum ersten Male etwa siebenhundert noch unveröffentlichte Zeichnungen benutzt worden. Rund vierhundert enthält allein der Nachlaß von Julius Schmidt-Athen, der sich im Besitz der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften befindet. Die

[1]) Publ. d. Astrophys. Obs. Potsdam 21.

[2]) Bd. 183; 77.

in Rede stehenden Zeichnungen sind in Potsdam aufbewahrt, von wo aus Herr Professor Schwarzschild sie mir auf der Berliner Königlichen Sternwarte zugänglich zu machen die Güte hatte, und Herr Professor Lohse in sehr dankenswerter Weise eine Reihe von Auskünften erteilte. Die Schmidtschen Zeichnungen beginnen 1841 Juli 27, haben aber erst von Mitte 1844 ab Bedeutung und reichen bis 1879. Sie bieten, wie sich später zeigen wird, ein Material von geradezu unschätzbarem Werte für die vorliegende Untersuchung.

Von großem Nutzen war das von seiten der Royal Astronomical Society in London mitgeteilte Material. Nach einer von mir gemachten Zusammenstellung aller in der Literatur erwähnten und als in den Sitzungen vorgelegt bezeichneten Abbildungen Jupiters konnte noch ein großer Teil derselben aufgefunden werden. Die Originalbeobachtungen von Schwabe konnte ich jedoch nicht einsehen, sondern war auf Dennings Angaben darüber angewiesen. Besonders bin ich Mr. A. R. Hinks sowie Mr. W. H. Wesley und Mr. E. B. Knobel für manche Sonderauskunft zu Dank verpflichtet. Für die Mitteilung unveröffentlichter Beobachtungen möchte ich außerdem Herrn Professor E. E. Barnard, W. F. Denning, H. E. Lau, A. A. Nijland, Th. E. R. Phillips (Material der British Astronomical Association) meinen besonderen Dank aussprechen.

Die Auswertung des auf diese Weise erlangten Materials fand in folgender Weise statt.

Nachdem in einem vorbereitenden Abschnitt die Grundlagen der Reduktionsrechnung gegeben sind, folgt zunächst eine Übersicht über die Bewegung des Roten Flecks von 1880 bis 1911 hauptsächlich nach Lohses Untersuchungen. Dann wird vorerst die Opposition 1879 genauer bearbeitet, wobei sich Gelegenheit zum Nachweis bedeutender systematischer Fehler der Schätzungen bietet. Von da aus wird darauf der Fleck schrittweise in früheren Jahren nachzuweisen versucht. Soweit es durchführbar ist, wird das Material nach den einzelnen Oppositionen getrennt behandelt und aus den Daten nach der Methode der kleinsten Quadrate ein möglichst zuverlässiger Normalort gebildet. Auf diese Weise gelangen wir bis 1831 zurück. Zugleich wird die für die sichere Identifikation der Bai notwendige Bewegung des Schleiers bestimmt, den ich bis 1840 habe zurückverfolgen können. Nachdem dann von den Versuchen gehandelt ist, noch weiter vorzudringen, und der Nachweis erbracht wurde, daß der von Cassini beobachtete Fleck zwar mit dem Roten Fleck verwandt (insofern sich ein ähnliches Gebilde aus ungefähr denselben Ursachen erneuerte) aber wohl nicht mit ihm identisch ist, fassen die nächsten Abschnitte die Gesamtheit der Normalorte zusammen,

wobei die Bewegung des Roten Fleckes und des Schleiers für Zeiträume von 80 bzw. 70 Jahren untersucht wird. Auch die Konjunktionen des Schleiers mit dem Fleck werden, soweit als möglich, verfolgt. Den Schluß bildet eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Grundlagen der Reduktionsrechnung.

a) Die Lage des Jupiteräquators.

Beginnen wir bei der Auswahl der Konstanten mit der Länge des absteigenden Knotens O des Jupiteräquators auf der Jupiterbahn gezählt vom beweglichen Frühlingspunkt der Erde aus. Diesen hatte Marth für die ersten Ephemeriden seit 1872 aus Damoiseaus Tafeln der Jupitersatelliten entnommen. Danach ist für 1750 Jan. 1.5 (Paris) mit der täglichen tropischen Änderung anzunehmen:

$$O = 133^{0}.365\ 42 + 0^{0}.000\ 037\ 889\ 64.$$

Für 1850 Jan. 1.0 (Paris) ermittelte Souillart aus Damoiseaus Wer ohne Zuziehung neuerer Beobachtungen:

$$O = 134^{0}\ 46'\ 16''.56 + 0^{0}.000\ 035\ 917\ 11.$$

Marth hatte 1891 bei diesen Untersuchungen Souillarts einige Ausstände zu machen[1]) und gab andere Werte, die zwar immer noch auf dem alten Material basierten, aber doch wenigstens mit der neueren Präzessionskonstante und Schiefe nach Le Verrier reduziert waren. Ersetzt man diese durch die Newcombschen Werte und geht gleich auf das System der Ekliptik über, so erhält man die bei modernen Untersuchungen im Jupitersystem häufig benutzten Werte:

$$\left.\begin{aligned} i &= 2^{0}\ 9'\ 3''.94 + 0''.000\ 950\ t \\ n &= 336\ 21\ 28\ .39 + 0\ .126\ 767\ t \\ O_E &= 135\ 27\ 2\ .55 + 0\ .129\ 894\ t \end{aligned}\right\} \begin{array}{c}\text{in Tagen seit}\\ \text{1900 Jan. 0.0}\\ \text{G. M. T.}\end{array}$$

Nachdem dieser Teil der Arbeit bereits abgeschlossen war, erschienen Tables of the four Great Satellites of Jupiter von Sampson,[2]) in denen ein von dem alten merklich abweichender Wert für die Lage des Jupiteräquators angegeben ist. Da dieser doch später für die Ephemeriden benutzt werden wird, so wurden die mit dem alten Wert berechneten Tafeln sämtlich durch neue ersetzt, um ein ganz einheit-

[1]) M. N. 51; 505—537.

[2]) Publ. University of Durham 1910.

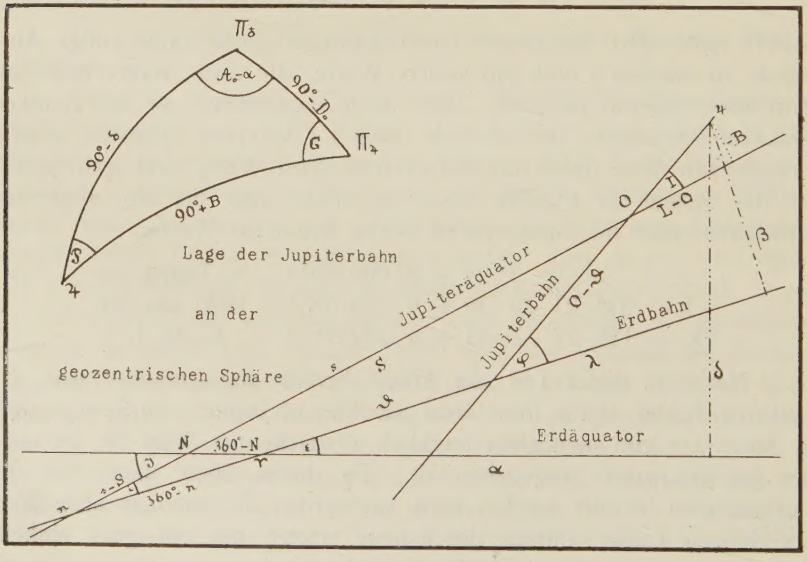
liches System zu haben. Der neueste Wert für die Länge des absteigenden Knotens des Jupiteräquators auf der Jupiterbahn ist demnach für 1900 Jan. 0.0 G. M. T. mit seiner täglichen tropischen Bewegung, wie folgt, anzunehmen:

$$O = 136^0.051 + 0^0.000\ 035\ 9.$$

Dieser mußte auf die Ekliptik und den Erdäquator übertragen werden. Dabei lagen durchweg die neuesten Werte zugrunde, nämlich die Präzessionskonstante und Schiefe nach Newcomb und die Lage der Jupiterbahn nach Hill (Sampsons Tafeln entnommen und an die Neigung nur die Wirkung der Präzession angebracht). Aus der folgenden Figur ist die gegenseitige Lage der betreffenden Ebenen zu entnehmen. Es ist dabei folgendermaßen bezeichnet:

Aufst. Knoten	Neigung	Fundamentalebenen
$O + 180^0$	I	des Jupiteräquators auf der Jupiterbahn
☊	φ	der Jupiterbahn auf der Ekliptik
n	i	des Jupiteräquators auf der Ekliptik
N	J	des Jupiteräquators auf dem Erdäquator
$\gamma + 180^0$	ε	des Erdäquators auf der Ekliptik

s, S sind zwei aus der Figur ersichtliche Hilfswinkel. s reicht von n bis O und S von N bis O. Man hat dann die Länge von O



in der Ekliptik $O_E = n + s$ und auf den Erdäquator bezogen $O_A = N + S$. Die Länge und Breite eines Punktes P auf die

Ekliptik bezogen, werde mit λ und β, auf den Erdäquator bezogen, mit α und δ bezeichnet. In bezug auf den Jupiteräquator entsprechen diesen Größen l und b, für die Erde im besonderen L und B (für die Sonne in kursiven Buchstaben). Das L entspricht dem $L - O + 180^0$ des Nautical Almanac, B und B stimmen überein. Statt des $L - O$ findet man auch die Bezeichnung U, und statt $L - O + 180^0$ des Nautical Almanac U'. Hier wird U' für die Bezeichnung der jovizentrischen Rektaszension der Erde beibehalten. Es folgen die numerischen Werte der Konstanten für 1900.000, neben die wir ihre Veränderungen in einem Julianischen Jahrhundert T stellen:

$$\begin{aligned} O &= 136^0.051 + 1^0.311\ T \\ I &= 3\ .1035 \quad 0\ .000\ T \\ \vartheta &= 99\ .445 + 1\ .020\ T \\ \varphi &= 1\ .3098 + 0\ .0035\ T \\ \varepsilon &= 23\ .4523 - 0\ .0130\ T \end{aligned}$$

Die notwendigen Transformationsformeln sind dann folgende.

1. für die Ekliptik:

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,(s + [\vartheta - n]) = \operatorname{tg} {}^1\!/_2\,(O - \vartheta)\,\frac{\sin {}^1\!/_2\,(I + \varphi)}{-\sin {}^1\!/_2\,(I - \varphi)}$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,(s - [\vartheta - n]) = \operatorname{tg} {}^1\!/_2\,(O - \vartheta)\,\frac{\cos {}^1\!/_2\,(I + \varphi)}{\cos {}^1\!/_2\,(I - \varphi)}$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,i = -\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,(I - \varphi)\,\frac{\cos {}^1\!/_2\,(s - [\vartheta - n])}{\cos {}^1\!/_2\,(s + [\vartheta - n])}$$

$$O_E = n + s$$

2. für den Äquator:

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,([s - S] - N) = -\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,n\,\frac{\cos {}^1\!/_2\,(\varepsilon - i)}{\cos {}^1\!/_2\,(\varepsilon + i)}$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,([s - S] + N) = -\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,n\,\frac{\sin {}^1\!/_2\,(\varepsilon - i)}{\sin {}^1\!/_2\,(\varepsilon + i)}$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\,J = \operatorname{tg} {}^1\!/_2\,(\varepsilon + i)\,\frac{\cos {}^1\!/_2\,([s - S] - N)}{\cos {}^1\!/_2\,([s - S] + N)}$$

$$O_A = N + S$$

Mit Hilfe dieser Transformationsformeln gelangen wir schließlich zu folgenden Daten betreffend die Lage des Jupiteräquators, gültig für 1900 mit der säkularen Änderung:

1. in bezug auf die Ekliptik:

$$\begin{aligned} i &= 2^0.196 + 0^0.004\ T \\ n &= 336\ .872 + 1\ .482\ T \\ s &= 159\ .158 - 0\ .171\ T \\ O_E &= 136\ .030 + 1\ .311\ T \end{aligned}$$

2. in bezug auf den Erdäquator:

$$J = 25^0.485 + 0^0.011\ T = 90^0 - D_o$$
$$N = 357\ .996 + 0\ .119\ T = 90^0 + A_o$$
$$S = 137\ .855 + 1\ .203\ T$$
$$O_A = 135\ .851 + 1\ .322\ T$$

Da die Genauigkeit der alten Schätzungen die jovizentrische Länge eines Fleckes nur auf 1^0 genau im besten Falle zu bestimmen gestattet, und außerdem die Kenntnis der jovizentrischen Deklination der Erde nicht benötigt wird, so ist es vollauf genügend, wenn die jovizentrische Rektaszension der Erde U' einfach nach folgender Formel genähert bestimmt wird:

$$U' = \lambda + 180^0 - O_E.$$

Die genauere Transformation der Jupiterkoordination von der Ekliptik auf den Jupiteräquator erfolgt konform der nachstehend gegebenen Übertragung vom Erd- auf den Jupiteräquator, so daß eine besondere Angabe jener Gleichungen entbehrlich wird. Eine weit ausführlichere Ableitung ganz ähnlicher Formeln hat Graff[1]) für Mars gegeben.

In der obenstehenden Figur bezeichnet Π_δ den Pol des Erdäquators und $\Pi_\mathcal{U}$ den Pol des Jupiteräquators und $\mathcal{U}$ den Planeten selbst an der geozentrischen Sphäre. G ist der Polwinkel. Da später nur — G gebraucht wird, so empfiehlt es sich, H = — G zu setzen. Die Neperschen Analogien führen dann auf folgende Gleichungen:

$$\operatorname{tg} {}^1/_2 (P - H) = \frac{\cos {}^1/_2 (D_o - \delta)}{\sin {}^1/_2 (D_o + \delta)} \operatorname{cotg} {}^1/_2 (A_o - \alpha)$$
$$\operatorname{tg} {}^1/_2 (P + H) = -\frac{\sin {}^1/_2 (D_o - \delta)}{\cos {}^1/_2 (D_o + \delta)} \operatorname{cotg} {}^1/_2 (A_o - \alpha)$$
$$\operatorname{tg} {}^1/_2 (90^0 + B) = \frac{\cos {}^1/_2 (P - H)}{\cos {}^1/_2 (P + H)} \operatorname{cotg} {}^1/_2 (D_o - \delta)$$

α, δ sind die geozentrischen Jupit.-Koord. (mittl. Äqu.).

Als Kontrolle kann z. B. der Sinussatz dienen. Die Verwendung des mittleren Äquinoktiums statt des wahren beeinflußt die Genauigkeit der Werte im Vergleich zu dem mittleren Fehler bei Fleckenmessungen nur unwesentlich. Man hat damit H, P und B direkt bestimmt und findet L—O nach dem Gebrauche des Nautical Almanac durch

$$L - O = U = 90^0 - (S + H).$$
$$L - O + 180^0 = U' = 270^0 - (S + H).$$

Diese Formeln stimmen im allgemeinen mit denen überein, nach welchen die Ephemeriden in Lohses Untersuchungen gerechnet sind. Eine Ausnahme besteht nur insofern, als für S der für 1897 geltende

[1]) Astr. Abt. der Hamb. Sternw. 1910.

Wert konstant beibehalten worden ist. Aus den Angaben im Nautical Almanac, wo sich nur Rektaszension und Deklination des Jupiterpols vorfindet, aber nicht der Wert von S, kann man nicht direkt entnehmen, welche Formel dort zur Anwendung gelangt ist. Es könnten auf diese Weise vielleicht die von Lohse gefundenen Korrektionen der Marthschen Ephemeriden von 1892 bis 1896 ihre Erklärung finden. Will man von dem bei Lohse zugrunde gelegten Fundamentalsystem auf dieses hier übergehen, so ist vor 1897 folgende Reduktion anzubringen:

$$\Delta L = + 0^0.01203\ (t^a - 1897).$$

Dieses ergibt 1878 den Wert — 0⁰.23, bleibt mithin unter der Grenze der mittleren Fehler jener Normalorte und ist praktisch belanglos. Immerhin war es aber nötig, hier die Ableitung der strengen Formeln zu geben, damit auch für größere Zeiträume eine durchaus einheitliche Bearbeitung gewährleistet werde.

b) Die Vergleichsrotation und Lichtgleichung.

Wenn wir von dem Werte der Vergleichsrotation verlangen, daß er eine Konstante im strengen Sinne sei, so dürfen wir ihn nicht in der gewöhnlichen Weise analog der Sternzeit der Erde definieren, sondern müssen ihn entsprechend der mittleren Sonnenzeit bilden. Wir befreien dazu die wahre synodische Rotationszeit Jupiters von allen Störungen der heliozentrischen Bewegung, gehen von der Ellipse auf die Kreisbahn zurück, und zwar in der Ebene des Jupiteräquators, wobei die mittlere heliozentrische Bewegung Jupiters durch die Hillschen Tafeln gegeben sein soll. Indem man von der zunächst gefundenen mittleren synodischen Rotationszeit noch die ihr entsprechende Bewegung des Planeten in seiner Bahn subtrahiert, geht diese schließlich in die mittlere siderische Rotationszeit über. Auf diese Weise ist z. B. der von Marth 1886/87 den Ephemeriden zuerst zugrunde gelegte Wert der Vergleichsrotation von $n = 870^0.27$ pro Tag gebildet zu denken. Dieser ging aus dem größeren Wert 870⁰.60 durch allmähliche Veränderung in 870⁰.53, 870⁰.40 und 870⁰.31 hervor. Sei α[1]) die Eigenbewegung eines Fleckes gegen ein beliebiges System mit dem täglichen Rotationswinkel n', so ergibt sich daraus die Eigenbewegung μ[2]) gegen System II, $n = 870^0.27$, nach der Formel:

$$\mu = \alpha + n - n'.$$

Wenn beispielsweise 1879 die Bewegung $\alpha = + 0^0.1826$ für $n' = 870^0.60$ war, so folgt daraus $\mu = - 0^0.1474$.

[1]) Nach Lohse.
[2]) Nach Struve.

Die Annahmen über die Lichtzeit haben ebenso wie die über n geschwankt, wenn auch nicht so stark. Wir legen hier den aus Bauschingers Tafeln zur Theoretischen Astronomie entnommenen Wert zugrunde, dessen auf den Tag bezogener Logarithmus 7.76118 — 10 ist. Dieser kommt dem von Sampson benutzten Werte nahe. Die durch seine Einführung bewirkten Korrektionen der alten Ephemeriden betragen 0°.03 bis 0°.05. Um bei der Rechnung das negative Zeichen der Lichtgleichung Γ zu vermeiden, ist von vornherein in der betreffenden Tafel die Konstante 40° hinzugefügt worden, die bei den anderen Werten in entsprechender Weise wieder subtrahiert wurde.

c) Die Ephemeridenrechnung.

Den Nullmeridian hatte Marth[1]) dadurch festgelegt, daß er 1872 Jan. 0.5 G. M. T. scheinbar zur Erde gerichtet sein sollte, daß also für diesen Augenblick c, der Zentralmeridian = der jovizentrischen Rektaszension der Erde U′ werden sollte. Dieser Wert von c werde durch den Index o ausgezeichnet. Denkt man sich dann Jupiter und Erde ruhend, so wird für eine von der obigen Epoche ab gezählte Zeit t die Länge $c_o + nt$ zur Erde gerichtet sein. Wächst dann die jovizentrische Rektaszension der Erde U′, so nimmt die jovizentrische Länge des zur Erde gerichteten Meridians c ab, da die jovizentrischen Längen im entgegengesetzten Sinn der Rotation gezählt werden sollen Wir haben allgemein:

$$c = c_o - U' + nt.$$

Die obige Definition des Anfangsmeridianes ist durch die fortwährenden Änderungen bei n hinsichtlich des Zahlenwertes für c_o nicht mehr zutreffend. Deshalb wurde aus den neuesten Ephemeriden des Nautical Almanac seit 1907 unter Benutzung der Sampsonschen Werte für den Jupiteräquator c_o neu bestimmt. Als Epoche wurde dabei 1900 Jan. 0.0 G. M. T. (Ausgang des Lichtes von Jupiter) gewählt. Es fand sich:

$$c_o = 212°.38$$

Es ergiebt sich danach die definitive Formel zur Berechnung des scheinbaren Zentralmeridians c, in der der konstante Teil der Lichtgleichung Γ und die 90° aus der früheren Formel mit c_o vereinigt sind,

$$c = 262°.38 + S + H + \Gamma + 870°.27\ (t^d - 2415\,020).$$

Oder genähert:

$$c = (352°.38 + O_E) + 360° - \lambda + \Gamma + 870°.27\ (t^d - 2415\,020).$$

[1]) M. N. 35; 3.

Diese Formel läßt sich unter Benutzung von $V = 360^0 - \lambda + \Gamma$ einfacher schreiben. Am Schluß ist eine Tabelle mit 500^d Intervall gegeben, welche

$$K = c_o + nt + O_E - 40^0.0$$

enthält. Um daraus c zu berechnen, ist nur noch V und die Differenz des Beobachtungstages gegen den Tafelwert in Rotationswinkel verwandelt hinzuzufügen. Nach dieser Formel sind die Ephemeriden am Schluß berechnet. Auf den Einfluß der Phase, der höchstens $0^0.5$ erreicht, ist wegen der großen Ungenauigkeit der alten Beobachtungen keine Rücksicht genommen worden.

Übrigens weicht der angenommene Wert von c_o um $-0^0.62$ von dem aus den alten Ephemeriden abgeleiteten ab; davon entfallen $0^0.58$ auf die Verschiebung des Jupiterfrühlingspunktes und $0^0.04$ auf die neue Lichtzeit.

d) Die Reduktion der Messungen.

Es folgt jetzt eine Zusammenstellung der Formeln, durch deren Anwendung man am zweckmäßigsten aus Mikrometermessungen der rechtwinkligen Koordinaten u und v in bezug auf das Planetenzentrum in äquatorealer und polarer Richtung zur Kenntnis der Länge und Breite gelangt. Dasselbe Problem liegt bei der Behandlung der Zeichnungen vor. Es wird hier ausdrücklich die Benennung jovigraphisch oder jovizentrisch vermieden; denn von jovigraphischer Breite kann nur ein Beobachter auf Jupiter selbst sprechen, der die Lage der Lotrichtung kennte, und die jovizentrische Breite zu bestimmen, würde eine unnötige Komplikation der Formeln herbeiführen. Will man von der hier benutzten „Breite“ β_1 auf die jovizentrische Breite β übergehen, so dient dazu die Relation:

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{a}{b} \cdot \operatorname{tg}\beta.$$

Die sehr zweckmäßigen Formeln von Marth[1]) sind folgende:

$$u = a \cos \beta_1 \sin (w - c)$$
$$v = b_1 \sin (\beta_1 - B_1) + u \sin B \operatorname{tg} {}^1/_2 (w - c)$$

Es ist dabei $\operatorname{tg} B_1 = \frac{a}{b} \operatorname{tg} B$ und $b_1 = b \frac{\cos B}{\cos B_1}$. w bezeichnet die gesuchte jovizentrische Länge des Fleckes. Es wäre vielleicht zu wünschen, daß in den Ephemeriden des Nautical Almanac die entbehrlichen Werte „Excess of Equat. Diam. over Polar“ und „Light-Time“ fortgelassen

[1]) M. N. 55; 532.

und statt derselben B_1 und log b_1 gegeben würden, sowie statt B lieber sin B.

Die Bemerkung von Crommelin,[1]) wonach Marth eine Verwechslung begangen haben sollte und die Formeln l. c. fehlerhaft wären, läßt sich, wie mir scheint, nicht rechtfertigen.[2]) Marth selbst hat β_1 als die jovizentrische Breite des Punktes definiert,[3]) in dem eine um die Polarachse als Durchmesser geschlagene Kugel von dem Lot getroffen wird, das man von dem beobachteten Fleck auf der Planetenoberfläche auf die Polarachse fällt. Die Richtigkeit dieser Definition ist nicht zu bestreiten.

Struve hat 1904 die Reduktionsformeln für Mikrometermessungen neu abgeleitet[4]) und besonders im Hinblick auf die Bearbeitung längerer Beobachtungsreihen für die Bestimmung der Eigenbewegung der Flecke und die Ermittlung einer Korrektion des angenommenen Jupiterradius erweitert.

Die Bewegung des Roten Fleckes von 1880 bis 1911.

Hinsichtlich dieses Zeitraumes glaube ich mich hier verhältnismäßig kurz fassen zu dürfen, da Lohse diesen Abschnitt eingehend untersucht hat. Es folgt deshalb nur eine Zusammenstellung seiner Normalorte, indem von den Resultaten anderer Beobachter vorläufig abgesehen wird, nebst den auf das einheitliche System II reduzierten Eigenbewegungen. An die Normallängen von 1880 bis 1896 sind die früher erwähnten Reduktionen angebracht und außerdem die Eigenbewegungen von den jeweilig in den Ephemeriden benutzten Systemen auf den täglichen Rotationswinkel von $870^{\circ}.27$ bezogen worden. Die Werte für 1910[5]) und 1911 beruhen auf Mikrometermessungen am hiesigen 9zölligen Refraktor, welche 1910 von mir und 1911 von Herrn Geheimrat Struve ausgeführt worden sind. Diesmal ist der Rote Fleck weit hinter der erwarteten Länge zurückgeblieben; wenigstens, wenn man nach den Erfahrungen bei den früheren Vorübergängen des Schleiers urteilt. Dagegen nicht, wenn man die 1910 beschleunigte Bewegung zugrunde legt. Obwohl die bisher veröffentlichten Beobachtungen von Phillips, Williams, Lau u. a., die allerdings nicht

[1]) M. N. 61; 114—116.
[2]) Man vergleiche auch Lohse: Publ. Potsdam 21; 181.
[3]) M. N. 55; 532.
[4]) Abh. der Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1904.
[5]) A. N. 189; 321.

viel über einen Monat umspannen, verhältnismäßig zahlreich sind, treten doch so starke systematische Fehler bei den Schätzungen im Vergleich zu den Messungen auf, wie wir sie ähnlich sogleich bei der Opposition 1879 behandeln werden, daß die Bewegung für 1911 überhaupt noch nicht abgeleitet werden konnte.

Übersicht der Bewegung des Roten Fleckes von 1880 bis 1911.

Epoche	Normallänge	Bewegung	Beobachter
1880.706	128°.27	— 0°.114	Lohse
1881.704	89 .03	— 0 .042	„
1882.142	77 .60	— 0 .043	„
1883.142	49 .97	— 0 .057	„
1884.142	31 .97	— 0 .059	„
1885.271	15 .70	— 0 .058	„
1886.271	8 .13	— 0 .054	„
1887.271	2 .74	— 0 .035	Williams
1888.274	358 .78	+ 0 .0006	Denning
1889.539	356 .15	— 0 .007	„ Terby
1890.772	350 .35	— 0 .082	„ Pritchett
1891.772	352 .94	+ 0 .035	Lohse
1892.693	355 .05	+ 0 .137	„
1894.000	358 .27	+ 0 .046	„
1895.194	4 .19	—	„
1896.000	8 .26	+ 0 .0254	„
1897.257	19 .69	+ 0 .0133	„
1898.298	26 .66	+ 0 .0246	„
1899.340	33 .76	+ 0 .0849	„
1900.403	46 .47	—	„
1901.613	46 .29	—	„
1902.630	41 .04	—	„
1903.832	36 .07	— 0 .0160	„
1904.950	28 .56	—	„
1905.967	30 .03	— 0 .0280	„
1907.211	23 .39	—	„
1908.197	24 .99	—	„
1909.331	22 .81	—	„
1910.203	12 .52	— 0 .121	Kritzinger
1911.431	333 .85	?	Struve

Aufsuchung früherer Beobachtungen von 1879 bis 1831.

Die Opposition von 1879.

Die zahlreichen Beobachtungen dieser Opposition hat bereits Marth im 40. Bande der M. N., soweit sie ihm zugänglich waren, reduziert und die damalige Rotationszeit des Roten Fleckes ermittelt, wenn er auch wegen der sehr großen systematischen Fehler von der Aufstellung eines Normalortes Abstand genommen hat. Dies hat Lohse sowohl für seine Schätzungen[1]) als auch für einen Teil der übrigen Bestimmungen[2]) ausgeführt. Die systematischen Fehler sind dabei aber wie zufällige behandelt worden. Da wir uns jetzt vor die Aufgabe gestellt sehen, das Gesamtergebnis des erreichbaren Beobachtungsmaterials für 1879 zu ziehen, so erfordern nun diese systematischen Fehler eine besondere Berücksichtigung. Zu diesem Ende werden die Reihen der einzelnen Beobachter vorerst getrennt behandelt, um die variablen systematischen Fehler zu erkennen, und dann wird eine Vergleichung der einzelnen Normalorte auch die konstanten Abweichungen erkennen lassen. Vorangestellt werden die Reihen von Pratt, Pritchett und Julius Schmidt, da diese für die übrigen typisch sind. Das System, auf das alle Längen vorläufig bezogen sind, ist nicht das von Marth[3]) zuerst verwendete (n = 870°.60), das Lohse benutzte, sondern das von Marth[4]) für diese Opposition besonders eingeführte System. Der Übergang von dem alten auf das neue System wird durch die Reduktionsformel vermittelt:

$$\Delta c = -0^{\circ}.17 \quad (t^{d} - \text{Okt. } 17.0;\ 1879).$$

Die Reduktion auf das einheitliche System II ist für

Marths altes System $-41^{\circ}.09 - 0^{\circ}.33$ (t^{d} — Juni 4.0),
verbessertes „ $-64.04 - 0.16$ (t^{d} — Juni 4.0).

Die Eigenbewegung von $-0^{\circ}.16$ gegen das spätere System II, die Marth gefunden hat, entspricht genau der tatsächlichen Bewegung (von kleinen Unregelmäßigkeiten abgesehen) in der damaligen Zeit Aus Lohses Normalorten 1878 August 25, 1879 September 25 und 1880 September 15 ergeben sich folgende Werte der Eigenbewegung:

1878 bis 1879	Eigenbewegung	$-0^{\circ}.1677$,
1879 „ 1880	„	-0.1525,
Mittel für 1879 folgt	„	-0.1601.

[1]) Publ. Potsdam 21; 129.
[2]) l. c. 143.
[3]) M. N. 39; 379.
[4]) M. N. 40; 419.

Die Übereinstimmung ist also viel genauer, als zu erwarten war. Deswegen ist auch später auf die Verbesserung von μ keine Rücksicht genommmen worden.

Die Messungen von Pratt.

Die Methode von Pratt besteht darin, die Distanzen des Fleckes vom Ost- und Westrande zu messen. Aber nur der Moment, wo nach einer Interpolation beide gleich werden, ist als die Zeit der Passage mitgeteilt und hat zur Berechnung der w gedient. Das Detail der Messungen findet sich nicht angegeben,[1]) was um so mehr zu bedauern ist, als diese eine erstaunliche Genauigkeit zu besitzen scheinen. Die von Marth reduzierten Längen sind (n = 870°.43) folgende:

Datum	w	B—R
1879 Juli 26	263°.4	+ 0°.1
Sept. 3	262 .9	— 0 .4
Sept. 10	262 .4	— 0 .9
Sept. 27	263 .3	0 .0
Okt. 1	264 .0	+ 0 .7
Okt. 6	264 .0	+ 0 .7
Okt. 26	263 .7	+ 0 .4
Nov. 2	263 .6	+ 0 .3
Nov. 5	263 .3	0 .0
Nov. 12	263 .1	— 0 .2
Nov. 19	262 .6	— 0 .7

Die abweichende Messung Dezember 6 ist ausgeschlossen. Der mittlere Fehler einer Messung findet sich zu + 0°.52 und der zugehörige Normalort für 1879 Okt. 7:

$$w_o = 263°.30 \pm 0°.16 \text{ Pratt.}$$

Auf das System II reduziert ergibt sich daraus $w_o = 179°.26$. Die (B—R) scheinen einen geringen Einfluß der Phase anzudeuten, eine Vermutung, die aber eine daraufhin unternommene Ausgleichung nicht bestätigte.

Es sind vielleicht auch schon in dieser Opposition Messungen von Hough mit dem $18^1/_2$-inch Refraktor des Dearborn Observatory gemacht worden, doch waren diese Publikationen weder in Berlin noch in Potsdam zugänglich.

Die Beobachtungen von Konkolys kommen für den vorliegenden Zweck noch nicht in Frage.

[1]) M. N. 40; 154.

Pritchett.

Die sehr zahlreichen Schätzungen Pritchetts reichen ohne größere Lücken vom 10. Juli 1879 bis zum 7. Februar 1880. Die nach Ausschluß des Wertes vom September 10 verbleibenden 70 Längen habe ich zu sieben Normalorten zusammengefaßt, denen die mittleren

Datum	w	m. F.	Gewicht	Übrigbl. Fehler
1879 Aug. 8	263°.21	+ 0°.45	0	—
„ 30	261 .32	0 .18	3	+ 0°.84
Sept. 20	260 .64	0 .11	8	— 0 .43
Okt. 13	261 .71	0 .28	1	— 0 .89
„ 29	263 .80	0 .15	5	+ 0 .43
Nov. 27	262 .85	0 .42	1	— 1 .03
1880 Jan. 10	262 .97	0 .31	1	+ 0 .79

Fehler beigesetzt sind. Abgesehen von den beiden ersten zeigen diese Werte einen deutlichen Gang, der dem Betrage der Phase ungefähr proportional zu sein scheint. Um diese Abhängigkeit genauer zu untersuchen, wurden die Normalorte mit Ausschluß des ersten, der ohnehin ziemlich unsicher ist, einer Ausgleichung unterworfen, bei der die Bedingungsgleichungen folgende Form hatten:

$$w_o + c_q\, q = w.$$

Es bedeutet w_o den Normalort, der alle Beobachtungen zusammenfaßt, q den Betrag der Phase, nach der Opposition negativ genommen, und c_q einen Koeffizienten, der dem betreffenden Beobachter eigentümlich ist und als numerischer Ausdruck seiner Überschätzung der Phase angesehen werden kann. Die definitive Ausgleichung unter obigen Annahmen über die Gewichte lieferte schließlich für 1879 Okt. 8:

$$w_o = 260°.48 \pm 0°.89 \text{ Pritchett.}$$

$c_q = -\,8°.49 + 4°.13$, folgt also, wie vorauszusehen, mit beträchtlicher Unsicherheit aus den Beobachtungen. Der mittlere Fehler der Gewichtseinheit ist $\pm$ 2°.52, während der aus den einzelnen Gruppen abgeleitete mittlere Fehler einer Beobachtung ca. $\pm$ 0°.86 ist. Der Grund für die Abweichung ist augenscheinlich darin zu suchen, daß die Auffassung der Mitte des Roten Fleckes nicht immer dieselbe geblieben ist. Dazu kommen die Unregelmäßigkeiten der Bewegung. Außerdem ist vielleicht ein Einfluß des Stundenwinkels vorhanden, wenn er auch nicht sicher nachgewiesen werden kann.

Julius Schmidt.

Der eben erwähnte Einfluß des Stundenwinkels auf das Ergebnis der Schätzung ist erst von Schmidt erkannt[1]) und genauer diskutiert worden.[2]) Danach werden die Mitten der Streifen bei merklicher Neigung derselben anders als bei horizontaler Lage geschätzt, und von Schmidt „die Passagen der Flecke durch die Mitte erheblich später" notiert. Aus der Diskussion einer großen Zahl von Beobachtungen 1880 ermittelt er, daß unter der Voraussetzung, daß dieser Neigungsfehler (wie ich ihn bezeichnen werde) bei horizontaler Lage der Jupiterstreifen 0 werde (Stundenwinkel für Athen damals — 1.h 0.) die betreffende Korrektion der Athener Bestimmungen der Zeit der Zentralität des Fleckes. Die Werte sind im Auszuge folgende:

t	Korr.	t	Korr.
— 5h	— 1m.72	0h	— 0m.70
— 4	— 1 .06	+ 1	— 2 .25
— 3	— 0 .50	+ 2	— 4 .38
— 2	— 0 .14	+ 3	— 6 .10
— 1	0 .00	+ 4	— 6 .75
0	— 0 .70	+ 5	— 6 .54

Da Schmidt diese Untersuchung nicht auch auf helle Flecke ausgedehnt hat, so bleibt die Frage offen, ob nicht schon der Einfluß der atmosphärischen Dispersion zur Erklärung dieses systematischen Fehlers genügt. Becker[3]) findet für eine Änderung der Wellenlänge des Lichtes von B bis D den Koeffizienten der Verschiebung $\delta\varkappa$ zu 0″.22. Hier sind wir diesem extremen Fall ziemlich nahe, denn wenn auch die Farbe des Roten Fleckes nicht ganz der B-Linie entspricht, sondern etwas nach gelb hin verschoben ist, so ist doch die durchschnittliche Jupiterfärbung auf der anderen Seite ungefähr entsprechend weit von der D-Linie aus nach grün hin entfernt. Nehmen wir hier $\delta\varkappa$ etwa zu 0″.2 an, so wäre der Betrag der Verlagerung Δs des Bildes des Roten Fleckes wegen seiner roten Farbe gegen das entsprechende gelbe Bild

$$\Delta s = - 0''.2 \operatorname{tg} z$$

in der Richtung des Höhenkreises. Rechnet man damit für $t = + 5^h$ die Verschiebung unter den für Schmidts geltenden Beobachtungen aus, wo $z = 75^0$ war, und die Streifen sehr steil standen, so findet sich $\Delta s = - 0''.72$. Nimmt man die Länge der vom Roten Fleck zu durchlaufenden Sehne zu 36″ an, so gibt das eine Verschiebung von + 0.02 oder + 2°.3 im Rotationswinkel, mithin die Korrektion der Beobachtungs-

[1]) A. N. 1542.
[2]) A. N. 2353.
[3]) Theorie der Mikrometer 102. Breslau, 1899.

zeit wegen der Verschiebung -4^m. Das würde schon über die Hälfte des Wertes von Schmidt erklären. Durch Vergrößerung des angenommenen Wertes von $\delta\varkappa$ ließe sich dieser sogar vollkommen darstellen. Überdies ist der allgemeine Einfluß der atmosphärischen Dispersion zu beachten, welcher den Nordrand des Planeten rötlich und den Südrand violett erscheinen läßt. Dadurch wird eine Abweichung der Auffassung des optischen Zentrums gegen den Schwerpunkt hervorgerufen. H. Struve hat bei seinen „Beobachtungen des Saturnstrabanten Titan“ [1]) für diese Verschiebung in der y-Koordinate den Ausdruck $\Delta y = -0''.12 \operatorname{tg} z$ gefunden, der aus Werten für Δy zwischen Zenitdistanzen von $43^0.5$ bis $78^0.0$ ermittelt wurde.

Da jedoch die Korrektion für Dispersion bei großen östlichen Stundenwinkeln positiv ist, während sie Schmidt doch wieder negativ findet, so kann die Dispersion nicht allein für den Neigungsfehler verantwortlich gemacht werden, sondern wahrscheinlich spielen auch psychologische Fragen mit hinein, denen aber hier nicht weiter nachgegangen werden kann. Immerhin zeigt dies Beispiel, daß man bei der Reduktion der Mikrometermessungen besonders aus dem Jahre 1880 auf die atmosphärische Dispersion wird Rücksicht nehmen müssen. —

Um obige Tabelle auch für 1879 verwerten zu können, habe ich versucht, die Korrektionen allein als Funktionen der Neigung ν darzustellen. Und zwar in der Form:

$$\delta w = c_\nu f(\nu).$$

Aus dem Intervall von -31^0 bis $+72^0$ fand sich nach verschiedenen Versuchen, die erkennen ließen, daß bei ν der absolute Wert genommen werden kann:

$$f(\nu) = -(\sin|\nu| - 0.43 \sin 2\nu|) \quad c_\nu = 10^m.0 = 6^0.04$$

$f(\nu)$ zeigt bei $\nu = 0$ eine flache Spitze, die vielleicht nicht ganz dem Charakter der Tatsachen entspricht. Immerhin stellt sie aber die oben angegebenen Werte soweit befriedigend war, als man es bei einer Interpolationsformel mit nur zwei Unbekannten erwarten kann.

t	B−R	t	B−R
-5^h	$-0^m.4$	0^h	$+0^m.1$
−4	+0 .1	+1	0 .0
−3	+0 .4	+2	−0 .4
−2	+0 .3	+3	−0 .6
−1	0 .0	+4	−0 .3
0	+0 .1	+5	+0 .5

Schmidt hat 1879 sehr viel Mühe auf diese Schätzungen verwendet. Die Zeiten der Passagen für Anfang und Ende sind meist aus 15 bis

[1]) Abh. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1908.

20 Einzelwerten abgeleitet, während für die Mitte nur 2 bis 8 benutz sind. Für November 12 und Dezember 26 ist man genötigt, die Werte für die Mitte des Fleckes zu gebrauchen, während sonst nur das Mittel aus den Bestimmungen für das West- (WF) und Ostende (EF)[1]) Verwendung gefunden hat. Auf diese Weise gelangt man zu folgenden Werten:

Datum	w	Korr.	w'	B—R
Nov. 10	261°.4	— 0°.2	261°.2	— 0°.1
„ 12	263 .0	— 1 .6	261 .4	+ 0 .1
„ 24	264 .5	— 2 .4	262 .1	+ 0 .8
Dez. 4	261 .6	— 1 .2	260 .4	— 0 .9
„ 26	264 .8	— 0 .8	264 .0	—

Die Korrektion ist dabei nach obiger Formel berechnet worden. Sehr beträchtlich ist allerdings der Gewinn nicht. Der letzte abweichende Wert ist ausgeschlossen worden. Es ergab sich der Normalort für 1879 Nov. 20:

$$w_o = 261°.28 + 0°.35 \text{ Schmidt.}$$

Ein Einfluß der Phase ist nicht nachzuweisen, da diese während der Beobachtungen ihrem Maximum nahe war und sich demgemäß nur wenig änderte. Daß aber trotzdem ein solcher vorhanden sein wird, ist nicht unwahrscheinlich.

Bredichin.

Die 23 Beobachtungen von Bredichin vom 11. September 1879 bis 19. Januar 1880 weisen, wenn man sie mit ihrem einfachen Mittel 266°.22 vergleicht, einen ganz ausgesprochenen Gang der Abweichung von — zu + auf, der das Vorhandensein des „Phasenfehlers" andeutet. Immerhin zeigen sich aber auch noch beträchtliche Sprünge, die vielleicht dem „Neigungsfehler" zuzuschreiben wären. Eine Ausgleichung, bei der die Schätzungen in folgender Form behandelt wurden:

$$w_o + c_\nu f(\nu) + c_q q = w$$

führte auf $w_o = 263°.22$, $c_\nu = + 3°.53$, $c_q = 2°.90$. Die Darstellung der Beobachtungen mit diesen von vornherein unwahrscheinlichen Werten war nicht befriedigend. Der Grund dafür liegt darin, daß $f(\nu)$ und q beide negativ und beide ungefähr gleich groß waren. Deswegen wurde eine zweite Ausgleichung durchgeführt, bei der auf die Bestimmung des Koeffizienten des Neigungsfehlers verzichtet wurde. Dieser lagen folgende Gruppenmittel zugrunde, bei denen die Werte

[1]) Statt OF analog dem Gebrauch in der Meteorologie gebildet.

von September 15, Oktober 2, 11, 24, November 12, 25 und Dezember 4 ausgeschlossen wurden. Die Gewichte sind gleich der Anzahl der Beobachtungen gesetzt.

Datum	w	Gewicht	übrigbl. Fehler
Sept. 18	264°.88	6	— 0°.24
„ 30	266 .38	4	+ 0 .55
Okt. 21	266 .87	4	— 0 .18
Jan. 18	267 .30	2	— 0 .05

Das Ergebnis dieser Ausgleichung ist der Normalort für 1879 Oktober 15:

$$w_o = 264°.60 \pm 0°.90 \text{ Bredichin.}$$

Der Koeffizient des Phasenfehlers ist $c_q = -8°.45 + 4°.46$. Die Darstellung der Beobachtungen ist wohl zufriedenstellend. Der mittlere Fehler der Gewichtseinheit ergiebt sich zu $\pm$ 1°.88.

Lohse.

Aus seinen Beobachtungen hat Lohse l. c. bereits einen Normalort gebildet, ohne auf systematische Fehler, die von der Neigung der Jupiterstreifen gegen den Horizont bzw. von der Phase abhängen, weiter Rücksicht zu nehmen. Um seine Ergebnisse direkt mit den von Marth aus den Angaben der übrigen Beobachter gewonnenen vergleichen zu können, wurden die Beobachtungen neu reduziert. Das einfache Mittel wird $w_o = 263°.60 + 0°.67$. Der mittlere Fehler ist größer als Lohse angibt, da ja eine andere mittlere Bewegung zugrunde gelegt ist, als er gefunden hat. Wenn es erlaubt ist, die Werte für September 27, Oktober 31 und November 10 auszuschließen, so zeigt der Rest ganz deutlich den Einfluß der Phase. Wird diese mit Hilfe des abgerundeten Wertes von 10° für c_q berücksichtigt, so erhält man folgende Darstellung der Beobachtungen:

Datum	w	Korr.	B—R
Aug. 7	264°.1	+ 0°.8	+ 1°.2
„ 17	263 .2	+ 0 .3	— 0 .2
„ 21	263 .6	+ 0 .1	0 .0
Sept. 20	263 .3	— 0 .7	— 1 .1
„ 27	260 .7	—	—
Okt. 17	266 .7	— 2 .7	+ 0 .3
„ 21	266 .6	— 2 .9	0 .0
„ 31	262 .1	—	—
Nov. 10	262 .2	—	—

Es wird damit folgender Normalort für 1879 Sept. 12 gewonnen:

$$w_o = 263^0.73 \pm 0^0.30 \text{ Lohse.}$$

Der mittlere Fehler einer Beobachtung sinkt von $+ 1^0.99$ auf $\pm 0^0.74$, den kleinsten hier vorkommenden Wert für solche Schätzungen.

Backhouse.

Backhouses Beobachtungen reichen vom 29. August bis 25. Dezember. Sie wurden folgendermaßen behandelt: Sobald nur Anfang oder Ende des Fleckes (WF oder EF) bestimmt war, wurden diese mit dem aus den übrigen Beobachtungen gewonnenen Wert für die halbe Ausdehnung des Fleckes $16^0.8$ auf die Mitte reduziert. Jede Bestimmung erhielt das Gewicht 1, also eine aus WF, MF und EF gewonnene Länge das Gewicht 3. Es findet sich der mittlere Fehler einer Beobachtung zu $+ 1^0.43$ und der Normalort für 1879 Nov. 13:

$$w_o = 265^0.34 \pm 0^0.30 \text{ Backhouse.}$$

Die Beobachtungen sind der Zeit nach geordnet, wenn also ein Phasenfehler vorhanden wäre, so müßte er sich in der Verteilung der Vorzeichen der (B—R) zeigen. Die Anzahl der negativen Abweichungen ist aber 12 und die der positiven 11. Diese sind durchaus nicht so verteilt, daß zuerst die — und dann die + überwiegen, sondern die Zahl der Zeichenfolgen ist gleich der Zahl der Zeichenwechsel. Es ist also keine Aussicht, einen Phasenfehler nachzuweisen. Dazu müßten zuviel Werte aus der ohnehin nicht großen Reihe ausgeschlossen werden.

Gledhill.

Bei Gledhills Reihe liegen die Verhältnisse durchaus ähnlich wie bei Backhouse. Seine Beobachtungen reichen von November 7 bis 1880 Januar 28. Die halbe Ausdehnung des Fleckes ergab sich nicht unbeträchtlich größer als bei Backhouse, nämlich zu $19^0.4$. Schließt man die stärker abweichenden Werte für WF von November 29 und Dezember 8 aus, sowie den letzten Beobachtungstag, so findet sich der mittlere Fehler einer Bestimmung zu $+ 2^0.03$. Die Reduktion erfolgte ebenso wie bei Backhouse und ergab für 1879 Nov. 26 den Normalort:

$$w_o = 264^0.17 \pm 0^0.44 \text{ Gledhill.}$$

Die Vorzeichenverteilung ist folgende: 13 Plus und 8 Minus, sowie 12 Zeichenwechsel und 8 Folgen. Es scheint eine allmähliche Zunahme der Längen unsicher angedeutet. Eine Abhängigkeit von der Phase ist ausgeschlossen, da diese zu Beginn der Reihe ihr Maximum fast erreicht hatte und dann langsam abnahm.

Niesten.

Die Beobachtungen von Niesten sind zwar verhältnismäßig zahlreich, aber auch ziemlich ungenau. Es sind hier nur die ersten drei Beobachtungstage Ende Juli ausgeschlossen. Obwohl einige der übrigen Bestimmungen, die vom 2. August 1879 bis 4. Februar 1880 reichen, recht stark vom Mittel abweichen, so ist doch weiter nichts unberücksichtigt gelassen worden. Das Material wurde getrennt für WF, MF und EF behandelt. Für WF ist der mittlere Fehler einer Schätzung $\pm 4^0.19$ und der Normalort WF $= 247^0.25 \pm 0^0.85$. Die Verteilung der Vorzeichen ist folgende: es sind zwar gleichviel Plus und Minus vorhanden (12), aber die Zahl der Zeichenfolgen übersteigt die der Wechsel um 7. An sich wäre noch 5 zulässig, da $\pm \sqrt{n-1}$ für 24 Werte $= \pm 4.80$ ist. Trotzdem ist kein Gesetz zu erkennen, von dem die Abweichungen abhingen.

Bei der Mitte des Fleckes ist der mittlere Fehler einer Beobachtung etwas kleiner, nämlich $\pm 3^0.38$ und der Mittelwert für MF $= 262^0.95 \pm 0^0.64$. Es treten bei den Abweichungen vom Mittel 15 Minus und 13 Plus auf sowie 11 Zeichenfolgen und 16 Wechsel auf. Das ist innerhalb der zulässigen Grenzen, denn $\sqrt{n-1} = 5.20$. Systematische variable Fehler sind nicht angedeutet.

Die Beobachtungen des Endes des Fleckes sind am genauesten, denn hier ist der mittlere Fehler einer Beobachtung $\pm 2^0.17$. Es ergibt sich aus 21 Längen der Normalort EF $= 278^0.26 \pm 0^0.47$. Die (B—R) weisen 12 Minus und 9 Plus auf, die Zahl der Zeichenwechsel übertrifft die der Folgen nur um 2. Stellen wir die Ergebnisse jetzt zusammen:

$$\begin{aligned} \text{WF} &= 247^0.25 \pm 0.85 \\ \text{EF} &= 278\ .26 \pm 0.47 \\ \hline \tfrac{1}{2}\,(\text{WF} + \text{EF}) &= 262\ .76 \pm 0.69 \\ \text{MF} &= 262\ .95 \pm 0.64 \end{aligned}$$

Die geringe Abweichung von $0^0.19$ zwischen MF und $\frac{1}{2}$ (WF + EF) läßt es wohl berechtigt erscheinen, die Werte zu einem einzigen zu vereinigen. Würde man einfach das Mittel aus den eben genannten Werten nehmen, so würden die beiden Werte für Anfang und Ende mit zu geringem Gewicht mitstimmen. Deswegen setzen wir für den definitiven Wert an MF $= \frac{1}{3}$ (WF + MF + EF). Der mittlere Fehler dieses Wertes kann nicht einfach aus den mittleren Fehlern der Einzelwerte berechnet werden, da ja ein Widerspruch zwischen dem Mittel aus Anfang und Ende und dem gesondert bestimmten MF von $0^0.19$ besteht. Wollte man ihn aber genau bestimmen, so erforderte dies eine Wiederholung der Fehlerrechnung, die nicht zweckmäßig wäre.

Jedenfalls wird der mittlere Fehler höchstens ± 0°.64 betragen, was hier angenommen werden soll. Der definitive Normalort für 1879 Okt. 27: ist mithin:

$$w_o = 262°.82 \pm 0°.64 \text{ Niesten.}$$

Außer den eben behandelten längeren Reihen sind auch noch einige ganz kurze vorhanden, von denen wenigstens die von Mac Cance und Green berücksichtigt werden sollen, während die ganz vereinzelten Bestimmungen von Brewin, Knott und Nursinga Row (Indien) übergangen werden. Aus den Beobachtungen von Mac Cance folgt unter Ausschluß des Wertes für Dezember 11 und Benutzung von 17°.8 für die halbe Ausdehnung des Fleckes der mittlere Fehler einer Beobachtung zu ± 1°.32 und der auf 7 Werten beruhende Normalort für 1879 Okt. 31:

$$w_o = 264°.01 \pm 0°.50 \text{ Mac Cance.}$$

Aus den vier Schätzungen von Green ergibt sich unter Fortlassung der einzelnen Bestimmung von WF der recht unsichere Wert für 1879 Nov. 10:

$$w_o = 264°.45 \pm 2°.05 \text{ Green.}$$

Zusammenfassung für 1879.

Die Abweichungen der einzelnen Normalorte sollen jetzt durch Vergleich mit den Ergebnissen der Prattschen Messungen ermittelt werden.

1879	Beobachter	Normalort	m. F.	Pratt-Beob.
Okt. 7	Pratt	263°.30	± 0°.16	0°.00
„ 8	Pritchett	260 .48	0 .89	+ 2 .82
Nov. 20	Schmidt	261 .28	0 .35	+ 2 .02
Okt. 15	Bredichin	264 .60	0 .90	— 1 .30
Sept. 12	Lohse	263 .73	0 .30	— 0 .43
Nov. 13	Backhouse	265 .34	0 .30	— 2 .04
„ 26	Gledhill	264 .17	0 .44	— 0 .87
Okt. 27	Niesten	262 .82	0 .64	+ 0 .48
„ 31	Mac Cance	264 .01	0 .50	— 0 .71
(Nov. 10)	(Green)	(264 .45)	(2 .05)	(— 1 .15)

Daraus ergibt sich, daß nicht unbeträchtliche Abweichungen zwischen den Angaben der einzelnen Beobachter bestehen; so würde die Differenz (Backhouse — Pritchett) 4°.86 betragen. Obwohl im einzelnen die Minuszeichen vorwiegen, bleibt doch die Vorzeichensumme innerhalb der Grenzen ihres mittleren Fehlers + 3.2. Prüft man die Reihe wie

früher weiter nach Helmerts[1]) Methode, so ergibt sich bei der Anordnung der Werte nach der Zeit die Differenz der Zeichenfolgen f und der Zeichenwechel w, $f - w = -4$. Der mittlere Fehler von $f - w$ ist $+ \sqrt{n - 1} = + 3$. Die systematischen Abweichungen lassen sich mithin nicht einfach durch Hinweis auf das vom Quadrat der Zeit abhängige Glied in der Bewegung des Roten Flecks erklären. Übrigens hebt sich die Summe der positiven gegen die der negativen Abweichungen fast streng weg ($+ 5^{0}.32$ gegen $- 5^{0}.35$), wenn man von dem sehr unsicheren Wert Greens absieht. Man darf hierin wohl nicht mit Unrecht eine Andeutung dafür sehen, daß die konstanten systematischen Fehler bei Mikrometermessungen sehr klein im Vergleich zu denen bei Schätzungen nach Augenmaß sind; nachdem dies schon früher für die variablen systematischen Fehler zutage getreten war, dürfte kaum noch die Überlegenheit der Mikrometermessungen den Schätzungsergebnissen gegenüber zu bestreiten sein. Ob die hier als konstant angesehenen systematischen Fehler dies auch tatsächlich sind, wird sich erst zeigen, wenn man ihr Verhalten durch mehrere Oppositionen hindurch untersucht. Leider haben aber nur wenige Beobachter sich so eingehend mit dem Roten Fleck beschäftigt, daß dies auch wirklich durchführbar ist.

1878.

Die Identifikation des Roten Fleckes stößt in diesem Jahre, das meist als das seiner Entdeckung bezeichnet wird, auf Schwierigkeiten, wenigstens wenn man sich ganz streng an die entscheidende Publikation Pritchetts[2]) hält, an welche die spätere Literatur anknüpft. Er beschreibt das Objekt als „elliptic cloudlike mass, separate from the general contour of the belts. This cloud was almost a perfect oval in shape, and was preminently rose-tinted." Wegen Nervenschmerzen mußte Pritchett seine Beobachtungen abbrechen; die Zeichnung vom 9. Juli hat sein fünfzehnjähriger Sohn angefertigt. Die Kenntnis dieser Einzelheiten ist insofern nötig, als man sich danach ein Urteil über die Zuverlässigkeit der Beobachtung zu bilden vermag. Die Zeit der Passage ist Juli 9^{d} 18^{h} 36^{m} G. M. T. angegeben. Die daraus folgende Länge im System II ist 290^{0}. Genau dasselbe Objekt hat merkwürdigerweise auch Bredichin gezeichnet (August 2^{d} 10^{h} 38^{m} t. m. Moskau und August 14^{d} 9^{h} 40^{m}; beide Male ca. 30^{0} östlich vom Zentralmeridian).

Weiter als diese beiden Reihen und alle übrigen reicht die von

---

[1]) F. R. Helmert, Die Ausgleichungsrechnung, 5. Kap. 2. Auflage. Teubner, 1907.

[2]) Observatory 2; 307.

Lohse zurück, bis zum 2. Juni. Er hat aus seinen Zeichnungen den für 1878 August 25 gültigen und auf System II reduzierten Normalort abgeleitet, an den ich bereits die S. 11 erwähnte kleine Korrektion angebracht habe: $249^0.24 + 1^0.27$. Die Eigenbewegung ist $-0^0.196 + 0^0.029$. Es besteht also hier eine Diskordanz von 40^0. Diese hat schon Marth bei Pritchetts Beobachtungen (bei Bredichin war der Fleck noch nicht nachgewiesen) erkannt und brieflich aufzuklären versucht; aber ohne Erfolg. Sie wird auch wohl auf sich beruhen bleiben, wie Trouvelots Behauptung von dem damaligen wiederholten Auftauchen und Wiederverschwinden des Fleckes. Vielleicht war der Rote Fleck damals eine sehr große leuchtende Fläche, wie wir einer solchen 1873 wieder begegnen werden.

Außer seinen eigenen Zeichnungen hat Lohse auch einige von Trouvelots Passagenbeobachtungen (der Rote Fleck zuerst gesehen September 25) zu folgendem Normalort vereinigt, der für 1878 November 10 gilt. $MF = 236^0.84 + 0^0.57$. Die Eigenbewegung ergibt sich hier auffallend groß zu $-0^0.340 \pm 0^0.011$. Weitere Wahrnehmungen über den Roten Fleck haben Dennett,[1]) seit Juli 27, und Wilhelm Tempel,[2]) seit August 9, gemacht. Diese sind aber zu ungenau, um sie hier weiter verwerten zu können. Obwohl Schmidt[3]) meint: „In meinen Zeichnungen von 1878 fehlt dieser Streif", habe ich den Roten Fleck doch mit Sicherheit auf vier Zeichnungen seines Nachlasses gefunden. Es bedeuten hier wie auch später die vor dem Doppelstrich in der Tabelle unter WF, EF etc. stehenden Werte die aus der betr. Zeichnung oder Schätzung entnommene Winkeldistanz des Objektes vom Zentralmeridian c aus.

Zeichnung	1878	m. Zt. Ath.	c	WF	EF	WF	EF
Nr. 346	Juli 11	$9^h\,58^m$	220^0	$+14^0$		234^0	
„ 355	Aug. 21	9 0	231	0		231	
„ 364	Nov. 2	5 44	276		— 9		267
„ 365	„ 21	5 13	229	— 5		224	

Die Werte für WF werden vollkommen dargestellt durch den für September 7 geltenden Normalort $WF = 229^0.7$ und die Bewegung $-0^0.075$. Für November 2 folgt daraus $WF = 225^0.5$. In Verbindung mit der vereinzelten Angabe für EF ergibt sich als Normalort für Schmidt: 1878 November 2 $MF = 245^0.2$. Gibt man den beiden

[1]) Obs. 2; 352.
[2]) A. N. 96; 64.
[3]) A. N. 97; 67.

anderen Normalorten das doppelte Gewicht gegenüber Schmidt, so ergibt sich die Eigenbewegung zu — 0°.22 statt — 0°.18, wie zu erwarten wäre. Bei dieser kleinen Abweichung ist es wohl zu rechtfertigen, alle drei Angaben mit dem abgerundeten Wert — 0°.2 zu einem definitiven Normalort unter denselben Annahmen über die Gewichte zu vereinigen. Da der mittlere Fehler der Schmidtschen Beobachtungen zufällig verschwindend klein wird, so werden wir den mittleren Fehler abschätzen müssen. Es findet sich schließlich:

1878 Oktober 8 MF = 242°.50 ± 1°.5.

1877.

Extrapoliert man aus den für 1879 und 1878 gewonnenen Werten die Länge für 1877, so kommt man ungefähr auf 360° oder weniger. Keine unter den veröffentlichten Zeichnungen in diesem Jahr gibt Auskunft über das Vorhandensein des Fleckes; selbst von Hirst, der 1876 den Jupiter eifrig beobachtete, ist nichts darüber zu erfahren. Bredichin klagt sehr über schlechte Luftverhältnisse. Trouvelot machte vom 11. April bis 9. Dezember 142 Zeichnungen, aber es wurden „keine Spuren vom Roten Fleck gesehen". Wenn Trouvelot seine Untersuchungen[1]) mit dem Satze schließt: „The negative evidence given by my observations amounts almost to certainty that the red spot did not exist before the year 1878", so ist dies ein Urteil, das der Auffassung der meisten Astronomen der damaligen Zeit entspricht.

Demgegenüber behauptet Russel[2]) in einem Brief an Denning, daß er den Roten Fleck 1877 oft in Sydney beobachtet habe. Mitgeteilt ist aber nur eine einzige Wahrnehmung, und auch diese ist vielleicht nicht ganz korrekt: 1877 August 26^d 8^h (local time Sydney) „the pink-fish was just passing off the planets limb". Die Beobachtungszeit entspricht 1877 August 25^d 21^h 55^m G. M. T. Der Zentralmeridian hat die Länge 120° im System II, so daß die jovizentrische Länge des Fleckes unter der zweifelhaften Annahme w — c = 60° (?) sich zu 180° ergeben würde. Danach müßte der Fleck auf der gegenüberliegenden Seite des Planeten gestanden haben, als erwartet war. Nach meiner Ansicht ist aber das Datum irrig, und muß um — 1^d korrigiert werden. Die Richtigkeit dieser Vermutung läßt sich durch Zeichnung Nr. 339 bei Schmidt belegen (1877 Sept. 1 7^h 48^m M. Zt. Athen. c = 303°. Für WF: w — c = + 21°. Für EF: w — c = + 57°). Daraus folgt die Lage des Fleckes für 1877 September 1: WF = 324°, EF = 360°, woraus sich für MF ergibt 342°, etwa auf 10° unsicher. Aus Russels Schätzung würde

[1]) Proc. of the Americ. Acad. of Arts and Sciences N. S. VIII whole Ser. XVI. Boston 1881, p. 299—321.

[2]) M. N. 59; 583.

nach obiger Korrektion übereinstimmend für MF der Wert 330° folgen. Der Manuskripttext bei Schmidt enthält nur die Bemerkung: „Es gelang eine genügend gute Abbildung."

Der Schleier.

Der Schleier läßt sich auf Schmidts Zeichnungen 1877 wie folgt nachweisen. Die Abkürzungen sind denen für den Fleck konform:

WS = Westende des Schleiers
ES = Ostende „ „

Zeichnung	1877	m. Zt. Athen	c	WS	ES	WS	ES
Nr. 328	Juni 20	9h 32m	195°	+ 41°		236°	
„ 329	„ 28	9 38	322		— 15		307
„ 330	Juli 2	9 53	212	+ 10		222	
„ 340	Sept. 10	7 29	202	+ 25		227	

Daraus erhält man den Normalort WS = 228°.3 + 12°, gültig für den 21. Juli. ES sehr unsicher bei 307°. Bei andern Beobachtern läßt sich der Schleier nicht nachweisen.

1876.

Bei dem in folgender Tabelle zusammengestellten Material sind schon von vornherein eine ganze Reihe weniger brauchbarer Angaben ausgeschieden. Die Beobachtung von Bredichin[1]) ist nur deswegen mit angegeben worden, weil Denning[2]) sie in seinen Untersuchungen über die Vorgeschichte des Roten Fleckes erwähnt. Auf der Zeichnung ist allerdings die folgende Hälfte eines großen Fleckes von elliptischer Gestalt durch einen weißen Ring eingefaßt, deutlich zu erkennen. Um aber die sich daraus für den Roten Fleck ergebende Länge mit den übrigen Angaben in Einklang zu bringen, müßte man schon ein grobes Versehen bei der Angabe der Sternzeit voraussetzen. Deswegen soll dieser wie die übrigen eingeklammerten Worte nicht mit benutzt werden. Die Angaben der Tabelle lassen sich in folgende Mittelwerte zusammenfassen, wobei der Wert für den Schwerpunkt und seine Bewegung nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen worden ist.

Westende	WF =	25°.4 ± 4°.0	(1876 Juni 3)
Ostende	EF =	78 .3 ± 3 .9	(1876 Mai 31)
Schwerpunkt	(MF) =	30 .7 ± 0 .8	(1876 Juni 15)
Bewegung	μ =	— 0°.093 ± 0°.021.	

[1]) Ann. d. Moscou V, livr. 2. Zn. Nr. 17.
[2]) M. N. Vol. 58 Nr. 9 Spp. und Vol. 59 Nr. 10 Spp.

Die sehr beträchtliche Abweichung der Länge des Schwerpunktes, die wir als definitiven Normalpunkt betrachten wollen, von $^1/_2$ (WF + EF) läßt sich nur verstehen, wenn man die Gestalt des Fleckes, damals „pinkfish" genannt, an der Hand der sehr schön ausgeführten farbigen Zeichnungen Hirsts studiert, die noch unpubliziert im Archiv der R. A. S. aufbewahrt sind. Die Wahrnehmungen G. D. Hirsts, der meist mit einem $10^1/_4$in Silber-auf-Glas-Reflektor beobachtete, sind kurz zusammengefaßt folgende: er bemerkte den Fleck zuerst während einer großen Veränderung am 24. Mai und verfolgte ihn bis zum 4. Juli. Durch Nachrechnung der Zentralmeridians seiner Zeichnungen läßt sich übrigens schon für den 12. Mai ein großes verwaschenes Gebilde nachweisen, dessen Gestalt aber nicht näher definiert werden kann. Als Hirst das 1876 beobachtete Objekt mit dem Aussehen des Roten Fleckes 1878 verglich, stellte er als einzigen Unterschied die Tatsache hin, daß der „fish" in dem Streifen eingelagert erschien, von dem der

1876	G. M. T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobachter
Mai 4	13h 15m	64°		0°			(64°)		Dennett
„ 11	13 15	37			+ 37			74	„
„ 11	14 —	65			+ 53			(118)	Brickwall
„ 11	23 25	46		+ 12			(58)		G. D. Hirst
„ 28	22 25	47	— 31		+ 33	16		80	„
„ 29	10 33	127			— 33			94	Tacchini
„ 31	0 25	60		0			(60)		Russel
Juni 2	0 35	7	+ 33			40			„
„ 2	1 20	34		0			34		„
„ 2	22 10	69	— 44		+ 12	25		81	G. D. Hirst
„ 7	0 25	33		0			33		Russel
„ 7	20 15	31		0			31		„
„ 7	21 45	86	— 62		+ 46	24		(132)	G. D. Hirst
„ 9	21 47	28		0			28		Russel
„ 9	22 25	51	— 29		+ 14	22		65	G. D. Hirst
„ 14	21 25	46	— 44		+ 30	(2)		76	„
„ 19	20 5	30		0			30		Russel
„ 20	7 28	47			— 27			(20)	Bredichin
„ 29	18 35	38		0			(38)		Russel
Juli 1	0 5	28		0			28		„
„ 3	1 50	31		0			31		„

Quellen: Dennett: Engl. Mechanic XXIII, 279, 355 und XXV, 433. Brickwall: dass. XXIII, 306. Russel und Hirst: Journ. and Proceed. of the R. Soc. of N. S. Wales 1876, Sydney (in Göttingen vorhanden) und M. N. 59; 583. Der Rest: Archiv der R. A. S.

Rote Fleck 1878 — übrigens dauernd — sehr deutlich getrennt war. Die Gestalt war dieselbe, nur das vorangehende Ende zugespitzt statt des folgenden. Die Bildung von Knoten und Ausläufern sowie die Veränderung der Färbung genauer zu beschreiben, würde hier zu weit führen. Zu erwähnen wäre vielleicht noch eine Messung Juni 1876 von Russel, der die Länge des Fleckes zu 13".80 und die Breite zu 4".60 fand.

Zum Schluß möge hier noch eine charakteristische Bemerkung Trouvelots[1]) angeführt werden. Er hat den Jupiter seit 1876 Mai 16 beobachtet und 125 Zeichnungen in dieser Opposition bis zum 19. Oktober gemacht. „Nothing resembling the red spot in the slightest degree was seen during these observations." Es ist auffallend, daß ihm die Ähnlichkeit mit dem „pink fish" entgangen ist.

1875.

Die Extrapolation aus den bisherigen Daten führt auf 120° als mutmaßliche Länge des Roten Fleckes in dieser Opposition. Auf den im Archiv der R. A. S. aufbewahrten farbigen Zeichnungen von Miß Hirst (zu denen der Kommentar von Lambert[2]) zu vergleichen wäre) vermutete ich zuerst bei einem elliptischen, aber nur 3" im Durchmesser haltenden Gebilde Verwandtschaft mit dem Roten Fleck, aber die Zeichnungen des Schmidtschen Nachlasses ließen erkennen, daß der Rote Fleck damals nicht klein, sondern vielmehr ein recht großes diffuses Gebilde war. Nachträglich gelang es auch, auf Bredichins Zeichnungen den Fleck nachzuweisen, was Denning bei seinen Untersuchungen früher übersehen hatte.

Die leider sehr unsicheren Werte führen auf folgenden Normalort für 1875 Mai 27:

$$MF = 161^{\circ}.8 + 8^{\circ}.7.$$

1875	G. M. T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobachter
Mai 5	8h 55m	173°		— 30°			143°		Brd. Z. 6
„ 7	9 30	170		— 30			140		„ „ 7
„ 22	8 40	199		— 14			185		„ „ 17
Juni 8	6 43	164	— 20		+ 30	144		194	Sch. „ 268
Juli 2	6 9	147	+ 10		+ 41	157		188	„ „ 278

Quellen: Bredichin: Ann. de Moscou Vol. II. 2. Livr. 42—50. Schmidt, Nachlaß.

[1]) l. c. 121.

[2]) M. N. 35; 401.

Die Längsausdehnung betrug ca. 40°. Die Abweichung von der erwarteten Länge ist bedeutend, und ich würde diese Identifikation auch nicht festzuhalten wagen, wenn sie nicht später durch die Rechnung einigermaßen verifiziert werden würde.

1874.

Die Schwierigkeiten, in dieser Opposition das richtige Objekt zu identifizieren, sind beträchtlich, da mehrere ähnliche in Frage kommen. Erst nach der Bearbeitung des Materials von 1873 war zu entscheiden, daß ein kleines Streifenfragment, das ungefähr meridional auf das östliche Kap einer kleinen Bai gerichtet ist, als der Ostrand der Ellipse des Roten Fleckes aufzufassen ist. Das reichhaltigste Material für 1874 bieten die Zeichnungen von Mr. Knobel, die dieser in sehr entgegenkommender Weise mir in Photographien nach den Originalen zugänglich machte. In dem alten System von Marth, auf das diese Zeichnungen reduziert sind, ist die Länge des in Rede stehenden Objektes 325°. Es kommen die Zeichnungen Nr. 3, 9, 17, 19, 27, 29, 30, 33 und 35 dafür in Betracht. Es zeigt sich aber erst auf Nr. 17 (1874 März 26) eine zarte Spur des Gebildes, die genau die Form der Peripherie des südlich folgenden Ellipsen-Quadranten zeigt. April 21 stand es $10^h\ 18^m$ G. M. T. nahezu zentral. Die Krümmung ist diesmal nur sehr unsicher angedeutet, während sie eine Woche später ganz unverkennbar ist. Es ist noch besonders zu bemerken, daß stets der nördliche Teil (unten) gemessen worden ist.

1874	G. M. T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobachter Nr.
März 26	$9^h\ 0^m$	186°		0°			186°		Bredichin 4
„ 26	10 25	237			−34°			(203)	Knobel 17
April 7	6 37	103	−10			S 93			Schmidt 256
„ 7	8 13	101	−14			147			Bredichin 6
„ 19	8 40	182		+8			190		„ 11
„ 21	10 18	181			+ 2			183	Knobel 27
„ 23	11 0	147			+46			193	„ 29
„ 23	11 50	178		0			178		Gledhill —
„ 28	11 0	179			+ 6			185	Knobel 30
Mai 8	9 17	179			+ 6			185	„ 33
„ 18	7 15	167	0		+20	167		187	Bredichin 17
„ 20	6 52	94	− 1			S 93			Schmidt 260
„ 30	6 37	147			+ 5			(152)	„ 261
Juni 1	8 57	172			−20			(152)	Knobel 35

Quellen: Bredichin: Ann. de Moscou Vol. II; Livr. 1. Knobel: M. N. 34; 403. Gledhill: Archiv der R. A. S. Schmidt: Nachlaß.

Auch auf Bredichins Zeichnungen läßt sich das Objekt, allerdings unsicher, nachweisen. Ebenso bei Schmidt. Die Blässe des Fleckes rührt wohl davon her, daß vor kurzem eine Konjunktion mit dem Schleier stattgefunden hat, von dem wenigstens das vorangehende Ende bei Schmidt nachweisbar ist. Die beiden Werte für den Schleier sind durch ein vorgesetztes S charakterisiert. Auf den Zeichnungen von Flammarion[1]) war das Objekt nicht zu erkennen.

Die beiden Werte unter WF, die sich streng genommen auf das Westkap der Bai beziehen, geben für 1874 April 28 WF = $157^0 \pm 10^0$. Entsprechend findet sich für das Ostende 1874 Mai 2 EF = $186^0.6 + 1^0.7$. Wenn man die weniger zuverlässigen Werte für MF außer Betracht läßt, so ergibt sich schließlich für die Mitte des Fleckes der Normalort

1874 April 30 MF = $171^0.8 \pm 8^0$ ca.

Der Schleier.

Die jovizentrische Länge des Westendes WS ergibt sich aus den oben mitgeteilten Beobachtungen für 1874 April 29 zu 93^0; etwa um 10^0 unsicher. Das folgende Ende ist trotz verschiedener Versuche nicht festzulegen gewesen. Jedenfalls war die Längsausdehnung des Schleiers verhältnismäßig groß.

1873.

Besonders wertvolles Material bieten Copelands 21 als Chromolithographien veröffentlichte Beobachtungen an Rosses großem Reflektor (Öffnung 1.83 m). Ein großes karminrotes Gebilde in 250^0 bis 270^0 Länge (Rosses System) ist das allerauffälligste und hat enorme Ähnlichkeit mit dem Roten Fleck. Am 17. Januar hat Lohse $1^h 21^m$ nach Copeland den Jupiter gezeichnet und bemerkt dazu: „Interessant erschien es mir, daß zwei Streifen der südlichen Hemisphäre eine besondere Färbung zeigten. Ein ganz dicht an der Äquatorialzone befindlicher schräg gestellter Streifen“ (der der Ellipse voranging) „war deutlich dunkelroth, während ein weiter nach Süden gelegener“ (der die Ellipse am südlich folgenden Rande fast berührte) „zum Theil ein orangefarbiges Licht ausstrahlte, welches sich über die umliegende Gegend zu verbreiten schien.“

Ähnlich lauten die Angaben im Februar und März. Merkwürdig ist besonders die Beobachtung von Lohse 1873 März 12. Die Zeichnung gibt zwar alle Einzelheiten der Umgebung des Fleckes wieder, aber diesen selbst nicht. Im Text heißt es: „es machte den Eindruck, als wenn sich an dieser Stelle ein selbstleuchtender gelber Nebel ausbreitete“. Am 11. April bemerkt Copeland „the red patch in b seems to break off abruptly in the following side“. Was die „Breite“ des

[1]) C. R. Vol. 81; 887—889, 958—961.

Fleckes betrifft, so liegt er 1873 beträchtlich südlicher als 1872, und zwar nach Copelands Zeichnungen zwischen — 12° und — 34°, die Mitte immer in der Nähe von — 25°.

Die Reduktion der Beobachtungsergebnisse wurde folgendermaßen ausgeführt: Zunächst wurden die Mittelwerte betreffend die Enden des Fleckes bestimmt und ergaben:

$$1873 \text{ März } 4 \text{ WF} = 197^{\circ}.9 \; \mu = -0^{\circ}.09$$
$$1873 \text{ „ } 29 \text{ EF} = 215 .2.$$

Reduziert man mit Hilfe der genäherten Bewegung den ersten Wert auf die Epoche des zweiten, so ergibt sich die Ausdehnung des Fleckes zu 19°.5. Mit Hilfe dieses Wertes wurden alle übrigen mit Ausnahme der eingeklammerten auf MF reduziert. Die gewonnenen 16 Daten lieferten nach der Ausgleichung folgenden definitiven Normalort:

$$1873 \text{ März } 3 \text{ MF} = 207^{\circ}.75 \pm 1^{\circ}.99$$
$$\mu = -0^{\circ}.096 \pm 0^{\circ}.054.$$

Der mittlere Fehler einer einzelnen Bestimmung ist recht groß, $\pm$ 7°.95. Bei älteren Zeichnungen steigt derselbe übrigens bis fast auf das Doppelte dieses Betrages.

1873	G.M.T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobachter	Nr.
Jan. 17	15h 11m	168°	+ 40°			208°			Copeland	11
„ 17	16 33	218	— 20		+ 1	198		219	Lohse	3
„ 22	14 44	184	+ 26			210			Copeland	13
„ 23	10 26	178	+ 22			200			Terby	1
„ 28	10 18	205		0			205		Tacchini	—
Febr. 6	13 38	240		— 24			216		Copeland	1
„ 8	13 30	175	+ 24			199			„	18
März 7	11 33	205	0			205			„	2
„ 8	6 31	174	+ 14			188			Terby	3
„ 8	8 16	238	— 44		+ 8	194		(246)	„	4
„ 22	10 21	257			— 31			226	Copeland	4
„ 25	6 36	212	— 50			(162)			Terby	7
„ 25	8 6	266			— 19			(247)	„	8
„ 27	8 1	204	— 22			182			„	10
April 6	5 54	190	— 21		+ 14	(169)		204	Schmidt	242
„ 6	6 48	222	— 30		— 13	192		209	„	243
„ 10	9 12	190	+ 12			202			Copeland	3
Mai 31	6 43	198	— 2		+ 20	196		218	Schmidt	250

Quellen: Copeland: M. N. 34; 235. Lohse: Publ. Potsdam I; Tf. 7. Terby: Bull. d. l'Acad. d. Bruxelles 2. Sr. Vol. 36; 536. Tacchini: C. R. 76; 423. Schmidt: Nachlaß.

1871/72.

Die meisten Beobachtungen in dieser Opposition rühren von Lohse her. Die Identifikation des Objektes wird dadurch besonders erleichtert, daß Gledhill in ihm die später oft zu erwähnende „Ellipse“ wieder erkannt hat. Er bemerkt darüber „within it was seen a short slightly curved dark line: a pretty dark band was in contact with the upper edge of the ellipse. A very rough measure gave 15″ as the length of the longer diameter of this curious object.“ Verfolgen wir noch kurz die Veränderungen nach Lohses Zeichnungen, so bemerken wir September 19 nur eine verwaschene Wolke. Auch im Oktober ist die Ellipse kaum zu erkennen. Selbst Anfang November ist sie im SW und SO noch nicht geschlossen. Erst am 13. November findet der Beobachter die „elliptische helle Wolke“ auffallend. Anfang Januar 1872 beschreibt sie Pratt als „dusky marking, its western end having oval outline“. Aus den Zeichnungen von Terby ist auch in dieser

1871/72	G.M.T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobacht.	Nr.
Sept. 19	16h 13m	285°		− 21°			(264°)		Lohse	8; 2
Okt. 1	16 0	279	− 34°		+ 7	(235)		(286)	„	8; 3
„ 18	17 5	352			+ 2			(354)	„	9; 4
Nov. 3	17 52	265	− 5			260			„	9; 11
„ 6	15 42	277	+ 8		+ 38	285		315	„	9; 12
„ 11	15 9	289	− 9		+ 19	280		308	„	10; 2
„ 13	16 27	276	+ 7		+ 44	283		320	„	10; 6
„ 18	15 57	290			+ 24			314	„	10; 9
Dez. 1	11 30	283	+ 14		+ 51	297		334	Gledhill	—
„ 2	18 9	315	− 2		+ 29	(313)		344	Lohse	11; 2
„ 30	10 14	279			− 15			(264)	„	11; 9
Jan. 1	12 2	285	− 19		+ 6	266		291	„	11; 11
„ 6	10 0	244	+ 31			275			Pratt	—
„ 11	9 7	244			0			(244)	Lohse	12; 1
„ 18	9 49	242	+ 15		+ 62	257		304	„	12; 3
Febr. 2	7 0	235		+ 37?			(272)		Gledhill	—
„ 2	7 46	263		?			?		Terby	—
März 2	6 24	253	0		+ 46	253		299	Lohse	12; 12
April 12[1])	6 54	308	− 21		+ 8	287		316	„	7; 1
Mai 5	9 15	245		+ 37?			(282)		Browning	—

Quellen: Lohse: Beob. zu Bothkamp, Heft II und Publ. Potsdam I; 97. Gledhill: Astr. Reg. X; 11. Pratt: Astr. Reg. X; 42, 43. Terby: Bull. d. l'Acad. d. Bruxelles. Sr. II; 34, 1872. Browning: M. N. 32; 321.

[1]) Im Text steht 11.

Opposition verhältnismäßig wenig zu entnehmen. Wenn Brownings Zeichnung sich wirklich auf den Roten Fleck beziehen soll, so muß man wie bei Gledhills Zeichnung Februar 2 annehmen, daß sie seitenverkehrt reproduziert sind. Übrigens ist Barnard[1]) der Meinung, daß der Rote Fleck sich erst in dieser Opposition gebildet hat.

Die in der Tabelle angegebenen Werte führen unter Ausschluß der eingeklammerten auf folgenden Normalort:

1871 Dezember 26 WF = 274°.3 ± 4°.6
„ 24 EF = 314 .2 ± 5 .0
„ 25 MF = 294 .2 ± 4 .8.

Eine Identifikation des Objektes auf Schmidts Zeichnungen ist zwar möglich, aber so unsicher, daß hier darauf verzichtet wird, zumal ja die übrigen Bestimmungen zur Ableitung des Normalortes von MF hinreichen. Aus demselben Grunde können wir die von Denning noch erwähnten Beobachtungen von Birmingham unberücksichtigt lassen.

1870 71.

Verzichten wir auf die weniger genauen Werte von Birmingham, so ergibt sich aus Lohses Zeichnungen allein der Normalort:

1871 Februar 13 WF = 288°.2 ± 2°.8
„ 13 EF = 304 .8 ± 3 .2
„ 13 MF = 296 .5 ± 3 .0.

Der Fleck ist anfangs verhältnismäßig klein und recht blaß, zeigt aber allmählich eine zentrale Verdichtung und nimmt überhaupt an Deutlichkeit zu.

Webb,[2]) der damals seine weitverbreitete Nomenklatur der Streifen

1870 71	G. M. T.	c	WF	EF	WF	EF	Beobachter	Nr.
Dez. 28	11h 9m	282°	+ 13°	+ 31°	295°	313°	Lohse	5; 2
Jan. 29	7 6	265	+ 21	+ 37	286	302	„	5; 5
Febr. 14	12 0	325		5		(320)	Birmingham	26
„ 23	5 35	4		30		(334)	„	30
März 6	7 9	273	+ 9	+ 25	282	298	Lohse	5; 12
„ 25	7 24	253	+ 37	+ 53	290	306	„	6; 2

Quellen: Lohse: Beob. zu Bothkamp, Heft I. Birmingham: A. N. 1843.

[1]) M. N. 52; 6.
[2]) Pop. Science Review IX; 1870. 127—137.

einführte, veröffentlichte auch drei, ausnahmsweise aufrecht stehende Zeichnungen[1]) aus dieser Opposition. Keine derselben zeigt die Bai. Übrigens hat Webb[2]) auch den „elliptical marking" der vorhergehenden Opposition 1869/70 nie gesehen: „though it must have been repeatedly before my eyes".

1869 70.

1869 70	G. M. T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobachter
Nov. 14	10h 50m	45°		0			45°		Gledhill a)
„ 16	12 0	27		0			(27)		„ b)
„ 19	9 45	36		0			36		„ b)
„ 24	10 5	81			− 45			(36)	Backhouse
„ 26	10 30	37	+ 14		+ 27	(51)		(64)	Gledhill c)
„ 26	11 15	64	12		+ 2	(52)		(66)	„ c)
„ 28	12 15	41		0			41		„ b)
„ 30	13 45	36		0			36		„ b)
Dez. 1	9 40	38		0			38		„ b)
„ 4	7 15	42		0			42		„ b)
„ 13	9 30	36		0			36		„ b)
„ 23	9 25	96			− 30			(66)	Birmingham
„ 27	11 0	34		0			34		Gledhill b)
„ 28	7 0?	39		0			39		„ b)
Jan. 4	8 0	47			0			47	„ b)
„ 5	13 2	19	16		+ 15	(3)		(34)	A. M. Mayer
„ 9	7 0	42			0			42	Gledhill b)
„ 19	— —	—	35		+ 13	—		—	Mitchell
„ 23	7 0	344	+ 59			(43)			Gledhill c)
„ 23	8 20	32	− 21		− 1	(11)		(31)	„ d)
„ 25	8 50	351	+ 21		+ 46	(12)		(37)	„ d)
„ 25	10 0	33		0			33		„ b)
„ 26	5 45	35		0			35		„ b)
Febr. 9	7 30	34		0			34		„ b)
„ 26	6 20	22		0			22		„ b)

Quellen: Gledhill: a) Astr. Reg. VIII; 81. b) Observatory III; 280. c) Astr. Reg. IX; 257. d) Astr. Reg. VIII; 209. Backhouse: Astr. Reg. VIII; 16. Birmingham: A. N. 1843. A. M. Mayer: Journ. of the Franklin Inst., III. Ser. LIX. 1870. Philadelphia (in Straßburg zugänglich). Miss Mitchell: Sillimans American. Journ. III. Ser. 1, 1871. 393—395.

[1]) l. c. X; 1871. 267—283.

[2]) Nature III; 1871. 430/431.

Die meisten Beobachtungen der „Ellipse", die Gledhill am 14. November entdeckte, verdanken wir auch diesem selben Beobachter. Er berichtet darüber: „Its length was about one third of band 6 (Streifen V); its east end was the darkest part of it; and also the broadest; in other parts it was a fine narrow sharp dark line. The space within was bright, but not brighter than that of the zone in which it lay. No spots or marks could ever be detected within it, nor could any change in size or shape be discovered." Erst 1880 teilte Gledhill 17 Passagen dieses Gebildes mit, die durch Schätzungen nach Augenmaß in dem Zeitraum 1869 November 14 bis 1870 Februar 26 erlangt waren. Er bemerkt dort noch, daß, obwohl diese Ellipse oft untersucht wurde, keine Veränderung daran bemerkt wurde bis auf eine schwache Verdickung der Linie im Februar 1870. Eine gute Beobachtung der „Great Ellipse" gelang Mayer 1870 Januar 5 8^h Bethlehem mean time. Das Achsenverhältnis in der damaligen Projektion fand er zu 1 : 1.51. Mayer hält sie für „a great gaseous mass having its origin in the equatoreal regions". Die Beobachtung von Miss Maria Mitchell (Vassar-College) läßt sich mangels einer Stundenangabe nicht weiter verwerten; dasselbe gilt auch für ihre Zeichnung 1873 März 11.

Von den in der Tabelle zusammengestellten Beobachtungen fanden fast ausschließlich die von Gledhill beobachteten Passagen Berücksichtigung. Die Ausdehnung des elliptischen Ringes findet sich im Mittel aus den Angaben von Mayer, Miss Mitchell und zwei Zeichnungen von Gledhill zu 31^0. Für die Reduktion der von Gledhill beobachteten Passagen der Enden der Ellipse auf die Mitte mußte aber die halbe Ausdehnung zu nur 10^0 angesetzt werden, da die Werte sonst zu stark von den übrigen abwichen. Die schließlich erlangten 15 Bestimmungen liefern, wenn sie nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen werden, folgenden Normalort für die Mitte der Ellipse:

$$1869 \text{ Dezember } 26 \quad MF = 36^0.00 \pm 0^0.87$$
$$\mu = -0^0.131 \pm 0^0.029.$$

Der mittlere Fehler einer Beobachtung ist $\pm 3^0.36$. Die Vorzeichenverteilung ist folgende: 8 Plus und 7 Minus sowie 9 Zeichenwechsel und 5 Folgen.

Zu bemerken wäre vielleicht noch, daß Schmidt in dieser Opposition keine Zeichnungen von Jupiter gemacht hat.

1868 bis 1864.

Trotz eingehender Bemühungen ist für diese 5 Oppositionen nur äußerst wenig Material über den Fleck aufzutreiben. Auch die Be-

rechnung der Zentralmeridiane der betreffenden Zeichnungen von Schmidt und ihre Vergleichung mit den interpolierten Längen des Roten Fleckes führte zu keinem greifbaren Ergebnis. Nur wenige Daten betreffend den Schleier konnten gewonnen werden.

Nach einer Angabe von Holden[1]) soll Denning 1868 ein Objekt beobachtet haben, das der bekannten Ellipse ähnelte. Da dieser sich aber sonst eingehend mit der Vorgeschichte des Roten Fleckes befaßt hat, so ist es unwahrscheinlich, daß er seine eigene Beobachtung nicht erwähnt haben sollte, zumal dadurch eine bedeutende Lücke ausgefüllt würde. Höchstens käme vielleicht die Notiz von Denning[2]) in Frage, daß 1868 Oktober $18^d\ 8^h\ 15^m$ die Westseite des südlichen Äquatorstreifens am breitesten war (Bai östlich?). Die zugehörige Länge des Zentralmeridians ist 123°. Das könnte mithin als eine indirekte Bestätigung dienen. Eigentlich bedürfen wir derselben aber gar nicht, wie die graphische Darstellung im 7. Abschnitt S. 57 zeigt.

Bai.

Datum	G. M T.	c	WF	MF	WF	MF	Beobachter
1867 Aug. 31	$10^h\ 10^m$	146°		+ 21°		167°	Backhouse
1867 Sept. 13	11 41	146	− 1		145		Noble
1864 Juli 19	9 20	358		− 27		331	Noble

Die Zeitangabe von Denning betreffend die Zeichnung von Noble 1867 September 13 ist hier nach dem Original im Archiv der R. A. S. richtiggestellt. Die beiden sehr unsicheren Normalorte sind mithin:

1867 August 31 MF = 167° ± ?
1864 Juli 19 MF = 331° ± ?

Schleier.

Betreffend den Schleier habe ich aus Schmidts Nachlaß folgende Daten gewinnen können:

Datum	G. M. T.	c	WS	ES	WS	ES	Schmidt
1869 Febr. 1	$4^h\ 2^m$	48°		+ 21°		69°	Nr. 214
1869 „ 15	4 10	353	+ 29°		22°		„ 216
1865 Juni 17	8 26	292	+ 18		310		Nr. 181
1865 Juli 9	8 20	357		− 13		344	„ 186

[1]) Obs. III; 283.
[2]) Astr. Reg. VII; 16, 17.

1863.

1863	G. M. T.	c	WF	EF	WF	EF	Beobachter
April 28	9h 40m	2°	- 17°	+ 35°	(345°)	37°	Noble
Mai 7	10 55	357	+ 33		30		„
„ 7	11 30	18	0		18		Green
„ 17	9 35	12	+ 6		18		Noble
Juni 27	8 11	1		+ 31		32	Schmidt 177

Quellen: Noble: Archiv R. A. S. Green: Astr. Reg. X; 169. Schmidt: Nachlaß (Zeichnung aus Wien).

Diese leider sehr unsicheren Werte für die Bai führen auf folgende Mittel:

1863 Mai 10 WF = $22^0 \pm ?$
1863 Juni 7 EF = $35^0 \pm ?$
Daraus 1863 Mai 24 MF = $28^0 \pm 115^0$?

Der Schleier läßt sich nicht nachweisen. Wahrscheinlich, weil er dem Fleck zu nahe stand.

1862.

In dieser Opposition, wo die übrigen Beobachter mit Ausnahme einer Zeichnung von Green, die aber schließlich auch nicht zu verwerten ist, uns völlig im Stich lassen, bieten Schmidts Zeichnungen aus Athen ein sehr reichhaltiges Material. WK und EK bedeuten der früheren Bezeichnung entsprechend die Kaps der Bai, die in Fällen der Unsichtbarkeit des eigentlichen Fleckes als dessen Grenzen angenommen werden. Um Raum zu sparen, sind in folgender Tabelle die Beobachtungen des Schleiers mit denen der Bai vereinigt.

Bai.

Die Bai findet sich zuerst auf einer Zeichnung vom 20. März. Sie ist nicht besonders scharf begrenzt, was auch darin seinen Grund hat, daß die Streifen schon in diesem Jahre „sehr bleich" waren. 1863 verschwanden sie völlig. Auf der Mehrzahl der Abbildungen findet sich auch eine Andeutung von dem Fleck in der Bai, auf einigen keine Spur, woraus zu entnehmen ist, daß der Fleck damals ziemlich blaß gefärbt war. Die Zusammenfassung der Beobachtungen führt auf folgende Mittelwerte:

1862 April 30 WF = $68^0.1 \pm 3^0.9$
1862 „ 24 EF = $111^0.4 \pm 2^0.1$
Daraus für „ 27 MF = $89^0.8 \pm 3^0.1$.

1862	m. Zt. Athen	c	WS	ES	WK	EK	Schleier		Bai		Schmidt
März 20	8h 43m	107			− 30°	+ 10°			77°	117°	Nr. 100
„ 27	8 15	62			+ 38				(100)		„ 102
„ 27	9 55	123			− 50	− 10			73	113	„ 103
April 5	11 24	89			− 42	+ 20			47	109	„ 108
„ 11	7 11	118			− 41	0			77	118	„ 109
„ 12	6 34	247	− 37	+ 17			210	264			„ 110
„ 24	7 18	277		− 26				251			„ 113
„ 25	7 42	82			− 40	+ 15			42	(97)	„ 115
„ 26	7 6	210	− 24				186				„ 117
„ 26	8 5	246	− 60	+ 20			186	266			„ 118
„ 28	7 15	157	0				(157)				„ 119
Mai 5	11 17	274		− 26				248			„ 122
„ 7	6 53	55			+ 22				77		„ 123
„ 9	9 15	82			− 18	+ 32			64	114	„ 125
„ 11	6 32	283		− 39				244			„ 128
„ 13	7 14	249		− 8				241			„ 131
„ 14	7 32	50			+ 40				90		„ 132
„ 15	8 17	228	− 60	+ 37			(168)	265			„ 134
„ 15	8 46.7	246		(0)				(246)			Passage
„ 17	7 11	128			− 60	22			68	106	Nr. 137
„ 17	9 57	228	− 42	+ 31			186	259			„ 138
„ 19	7 19	73			− 7	+ 41			66	114	„ 141
„ 20	8 12	256		− 10				246			„ 143
„ 23	7 4	305		− 48				257			„ 148
„ 24	7 57	128			− 52	28			76	100	„ 150
„ 24	9 33.1	186	0				186				Passage
„ 27	6 45	175	+ 12				187				Nr. 152
„ 27	6 51.7	179	0				179				Passage
„ 27	8 9	225	− 49	+ 37			176	262			Nr. 153
„ 29	6 9	93°				0			93°		Passage
„ 29	6 53	120			60	− 25			60	(95)	Nr. 155
„ 29	7 51	155	+ 41				(196)				„ 156
„ 29	8 35.1	181	0				181				Passage
„ 29	10 5	236		0				236			„
Juni 3	7 42	180	0				180				„
„ 10	7 21	138	+ 23				161				Nr. 162
„ 10	8 19.5	173	0				173				Passage
„ 13	8 0	251		− 30				221			Nr. 164
„ 15	7?34	176			48	− 17			(128)	(159)	„ 166
„ 17	8 16	143	+ 18				161				„ 167
„ 17	9 0.1	169	0				169				Passage
„ 25	7 23	231		− 20				(211)			Nr. 169
Juli 4	7 54	160	+ 20				(180)				„ 172

Schleier.

Die Ähnlichkeit zwischen dem seit 1903 häufiger beobachteten und dem 1862 von Schmidt gezeichneten Schleier ist außerordentlich groß. Nicht bloß im ganzen Charakter, sondern auch in den Einzelheiten. Sogar die beiden hellen Flecke, die gewissermaßen Anfang und Ende des Schleiers signalisieren, sind sehr deutlich erkennbar und ermöglichen dadurch eine ziemlich genaue Ausmessung der Zeichnungen. Auch die hellen Flecke südlich vom Streifen V, die wohl zu dem Schleier in Beziehung stehen, fehlen nicht. Das Westende des Schleiers ist stumpf zugespitzt und zeigt auf einer Abbildung zwei Verdickungen, während das Ostende ausgekehlt ist. Die Nomenklatur Schmidts für dies Gebilde ist sehr schwankend, und erst durch Rechnung ließ sich in manchen Fällen entscheiden, was er meinte. Bemerkenswert ist noch ein sekundärer Schleier südlich vom Streifen V, der auf Schmidts Zeichnung vom 24. Mai über dem Ostende der Bai beginnt.

Gibt man den Passagenbeobachtungen doppeltes Gewicht gegenüber den Ausmessungen der Zeichnungen, so erhält man folgende Normalorte:

$$1862\ \text{Mai}\ 27\ \ WS = 179^0.3 \pm 1^0.6$$
$$1862\ \ „\ \ 15\ \ ES = 249^0.7 \pm 7^0.9.$$

Die mittleren Fehler sind dabei unter der Annahme einer mittleren täglichen Bewegung von $-0^0.5$ gegen System II berechnet, die sich hier übereinstimmend mit den Werten aus dem 20. Jahrhundert aus den Beobachtungen ergibt.

1861.

1861	G.M.T.	c	WS	ES	WK	EK	Schleier		Bai		Beobachter
Febr. 6	12h 0m	353°	− 5°	+ 60°			348°	53°			Gorton Nr. 28
März 4	12 35	324	+ 10	+ 70			334	34			„ „ 38
„ 6	10 30	187				− 17				170	„ „ 39
„ 12	12 20	78			+ 40				118		„ „ 46
„ 15	6 20	310	+ 20				330				„ „ 50
„ 22	11 45	119			− 3				116		„ „ 55
„ 23	7 20	109			+ 9				118		„ „ 56
„ 31	10 0	328	0	+ 60			328	28			„ „ 64
April 4	8 45	164				0				164	Carpenter
„ 5	9 50	353	− 35	+ 30			318	23			Gorton Nr. 65
„ 10	10 0	31	− 40	+ 30			351	61			„ „ 70
„ 19	5 50	151				+ 3				154	Schmidt „ 90
„ 20	11 30	147				− 6				141	Gorton „ 76
Mai 5	8 30	130				+ 35				165	„ „ 91
„ 19	10 0	127			− 35	+ 30			92	157	„ „ 103
Juni 5	10 0	157				− 15				142	„ „ 108

Für diese Opposition liegt in einem Manuskript-Band von Gorton im Archiv der R. A. S. sowie in Schmidts Zeichnungen viel Material vor. Wegen ihres großen Umfanges von 111 Zeichnungen, die sich auf den Zeitraum von 1859 Februar (Tag?) bis 1861 Juni 27 verteilen, ist die Serie von Gorton besonders bemerkenswert. Sie würde noch wertvoller sein, wenn der eifrige Beobachter nicht nur von einem Fenster seiner Wohnung aus mit einem Spiegelteleskop von 9 cm Öffnung und nur 100facher Vergrößerung seine Studien angestellt hätte. Er bemerkt in der Einleitung zu seinem Werk: „the representation of those minute details, for which great power is necessary, had not been attempted."

Bai.

Die Bai ist auch 1861 nicht besonders scharf definiert. Es sind zwar sämtliche 102 Zeichnungen von Gorton und Schmidt reduziert worden, aber aus diesem Grunde hier nur der kleine Teil veröffentlicht, der wirklich in Frage kommt. Die Zeichnung von Carpenter ist im Archiv der R. A. S. aufbewahrt. Es ergeben sich folgende Mittelwerte:

1861 April 3 WF = $111^{0}.0 \pm 6^{0}.3$
1861 „ 24 EF = $156^{0}.1 \pm 4^{0}.3$
Daraus für „ 14 MF = $133^{0}.6 \pm 5^{0}.4$.

Schleier.

Entsprechend der strengen Auswahl der einzelnen Werte sind hier die Ergebnisse verhältnismäßig genau:

1861 März 13 WS = $331^{0}.8 \pm 1^{0}.1$
1861 „ 13 ES = $34^{0}.5 \pm 1^{0}.6$.

Die mittleren Fehler sind wieder unter der Annahme $\mu = -0^{0}.5$ bestimmt. Die Ausdehnung des Schleiers ist $62^{0}.7$, was sehr nahe mit dem Werte für 1863, $62^{0}.4$, übereinstimmt.

1859/60.

Soweit sich aus Huggins' Zeichnungen, den besten der damaligen Zeit, ein Bild von der Sachlage gewinnen läßt, ist der Fleck selbst nicht sichtbar gewesen. Deswegen beziehen sich die Messungen, wie es auch sonst immer in solchen Fällen gehandhabt worden ist, auf die beiden Kaps der Bai. Der Grund für die Unsichtbarkeit des Fleckes ist wohl in der bevorstehenden Konjunktion mit dem Schleier zu suchen, die ca. Anfang März beginnt. Erwähnenswert scheint mir noch ein Gebilde zu sein, das am 7. April beobachtet wurde. Es ähnelt dem Schleier ganz außerordentlich, befindet sich aber in be-

deutend südlicherer Breite (etwa von — 30° bis — 40°). Vielleicht handelt es sich um einen sekundären Schleier wie 1862.

Da es für zu unsicher gehalten wurde, den von Baxendell beobachteten „Spot E" mit dem „dark following end" des Roten Fleckes zu identifizieren, so sind hier die 8 von Baxendell für dies Objekt angegebenen Passagen nicht wie bei Denning mitbenutzt worden. Die Beobachtungen lassen sich in folgende Mittelwerte zusammenziehen:

1860 Februar 20 WF = 157°.4 ± 2°.1
1860 „ 6 EF = 204 .3 ± 3 .5
Daraus für „ 13 MF = 180 .9 ± 2 .9.

1859/60	G.M.T.	c	WS	ES	WK	EK	Schleier		Bai		Beobacht.	Nr.
Nov. 3	11h 55m	222°			50°	− 10°			172°	212°	Schmidt	69
„ 19	14 0	182				+ 17				199	Noble	—
Dez. 7	10 10[1])	229	+ 2	+ 51			231	280			Gorton	6
„ 11	11 30	159			8	+ 51			151	210	Noble	—
Jan. 7	10 10	215	+ 7	+ 57			222	272			Gorton	10
„ 12	10 0	238	+ 22?				(260)				„	11
„ 24	8 0	170	+ 22?		− 10	+ 22	(192)		160	192	„	12
„ 29	7 0	165			16	+ 22			149	187	„	13
Febr. 1	7 30	275	+ 13				(288)				Schmidt	71
„ 9	11 36	186			− 30				156		„	73
„ 29	7 30	163			21	+ 37			142	200	Noble	—
„ 29	7 45	172			− 16	+ 22			156	194	Long	—
März 2	9 0	158			2	+ 51			156	209	Huggins	—
„ 2	9 24	172			− 21	+ 34			151	206	Baxendell	—
„ 2	10 0	194			− 31	+ 22			163	216	Noble	—
„ 5	7 18	187			− 25	+ 30			162	217	Baxendell	—
„ 12	7 40	171			− 3	+ 57			168	228	Jacob	—
„ 26	9 30	180			+ 20?				200?		Airy	—
April 14	11 0	207		− 13		− 21		194		186	Gorton	16
„ 25	6 11	242	− 20?				(222)				Schmidt	25
Mai 6	8 10	166	5	+ 48	− 12		161	214	154		Gorton	17
„ 6	8 40	184			20				164		Anonymus	—

Quellen: Schmidt: Nachlaß. Noble, Gorton, Huggins, Jacob, Anonymus: Archiv R. A. S. Long, Baxendell: Mem. of the Soc. of Manchester. Sr. 3. 1862. 194. Jacob: M. N. 20; 245. Airy: M. N. 20; 244. Huggins: M. N. 57; 577.

[1]) Aus der Position des Trabantenschattens berechnet.

Schleier.

Die Lage der Enden des Schleiers läßt sich wegen der bevorstehenden Konjunktion mit dem Fleck nur unsicher ermitteln. Es findet sich:

1860 Februar 3 WS = 201°.8 ± 5°.1
1860 „ 23 ES = 240 .2 ± 7 .6.

Die Bewegung wurde zu — 0°.5 angenommen. Die Länge von ES ist zweifelhaft. Überdies ergibt sich die Ausdehnung des Schleiers zu nur 48°.4, obwohl man während der Zeit der Zusammenkunft eine Vergrößerung hätte erwarten sollen.

1858/59.

Nach den Zeichnungen zu urteilen, war das Aussehen des Fleckes in dieser Opposition ungefähr folgendes: Ende 1858 hängt er gewissermaßen am Streifen V, und der folgende Rand ist dunkler als der vorangehende. Eine Bai ist auch nicht im geringsten angedeutet. Über dem Fleck stehen drei isolierte weiße Punkte im Streifen V. Im Laufe der nächsten Monate macht er beträchtliche Änderungen hinsichtlich der Form seiner Begrenzung durch.

Die wenigen Längen lassen sich in folgende Mittelwerte zusammenziehen:

1859 Januar 7 WF = 201°.0 ± 2°.0?
1859 „ 19 EF = 228 .7 ± 4 .1
Daraus für „ 13 MF = 214 .9 ± 3 .2?

Die aus Dennings Angaben gewonnenen Längen stimmen zwar beiläufig mit MF überein, aber durch ihre Hinzuziehung dürfte sich die Genauigkeit des Normalortes wohl nicht steigern.

1858/59	G.M.T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobacht.
Dez. 29	10h 50m	232°	— 33°		— 2°	199°		230°	Huggins
Jan. 15	9 40	225	— 22		+ 10	203		235	„
Febr. 10	10 45	210		+ 3			213		„ [1])
„ 13	8 45	228			— 7			221	„
„ 23	6 40	214		— 12			202		„ [1])

Quellen: Huggins: Archiv R. A. S. und [1]) M. N. 59; 576 nach Denning.

1857.

Es liegen nur zwei von Dawes veröffentlichte[1]) Zeichnungen vor, die den Fleck in der Bai sehr deutlich erkennen lassen. Bei der zweiten Zeichnung vom 5. Dezember nimmt Denning an, daß die Beobachtungszeit um eine Stunde verspätet angegeben ist. Jedenfalls ist es nicht möglich, sie ohne weiteres mit der ersten in Einklang zu bringen. Da diese auch bei der späteren Vergleichung besser stimmt, so halten wir uns nur an sie: 1857 November $27^d\ 8^h\ 10^m$ G. M. T. $c = 274^0$. Ostkap: $w - c = -17^0$. Daraus $w = 257^0$. Nimmt man die halbe Ausdehnung der Bai nach dem Mittel aus den beiden benachbarten Oppositionen zu 17^0 an, so ergibt sich der verhältnismäßig unsichere Normalort:

1857 November 27 MF = $240^0 \pm 10^0$?

1856.

Dieses Jahr ist das früheste, bis zu dem nach den allgemein zugänglichen Quellen der Rote Fleck zurückverfolgt werden kann. Das gilt besonders, wenn wir von den bisher unbeachteten Zeichnungen von Chacornac absehen, für die Zeichnung von Warren de la Rue Oktober 25. Mr. Knobel hatte die Freundlichkeit, mir eine Photographie der Originalzeichnung zu übersenden und darauf aufmerksam zu machen, daß sie einen Fleck zeige, „resembling Red Spot". Die Bai darunter ist verhältnismäßig schwach ausgehöhlt, aber das Ostkap ist doch deutlich markiert. Der Rote Fleck liegt gewissermaßen in den Streifen V eingebettet. Am Ostrande hebt er sich durch etwas intensivere Färbung von seiner Umgebung ab und ist sonst auf beiden Seiten durch einen schmalen hellen Saum abgegrenzt, der jedoch im

1856	G.M.T.	c	WF	MF	EF	WF	MF	EF	Beobachter
Aug. 31	$9^h\ 11^m$	310^0		-36^0			274^0		Schwabe
Sept. 7	9 11	283		− 9			274		„
„ 9	9 11	223		+ 54			277		„
„ 29	9 22	358			− 20			338	Secchi
Okt. 13	8 21	267	+ 6		+ 48	273		315	Chacornac
„ 13	9 21	303	− 29		+ 33	274		336	„
„ 20	8 11	233		+ 36			269		Schwabe
„ 25	9 0	295	− 8		+ 28	287		323	De la Rue

Quellen: Schwabe: M. N. 59; 576 (nach Denning). Secchi: Archiv R. A. S. Chacornac: Liais, L'Éspace Céleste, Paris 1866, 463. De la Rue: Guillemin, Le Ciel, 2. éd. Paris 1865 p. 275 pl. XVI und Chambers, Descriptive Astronomy, Oxford 1876; 102.

[1]) M. N. 18; 49/50.

Süden kaum erkennbar ist. Zu den Zeichnungen von Chacornac ist zu bemerken, daß diese in Holzschnitt seitenverkehrt reproduziert sind. Auf diesen Umstand wird später besonders bei Gruithuisen Rücksicht zu nehmen sein. Aus den Angaben betreffend die Enden der Bai erhalte ich:

1856 Oktober 17 WF $= 278^0.0 \pm 4^0.5$
1856 „ 17 EF $= 324\ .7 \pm 6\ .1$
Daraus für „ 17 MF $= 301\ .4 \pm 5\ .4.$

Aus Dennings Mitteilungen über Schwabes Zeichnungen ergibt sich der stark abweichende Wert:

1856 September 17 MF $= 273^0.5 \pm 1^0.7.$

Dieses MF liegt noch jenseits unseres WF. Wenn auch der kleine mittlere Fehler zugunsten dieses Wertes spricht, so kann er doch nicht eher verwertet werden, als bis nach Einsicht in Schwabes Originalzeichnungen die Ursache der starken Abweichung aufgeklärt ist.

1855.

1855	G. M. T.	c	MF	MF
Sept. 22	$5^h\ 56^m$	22^0	-75^0	305^0
„ 29	5 18	331	−17	314
Okt. 23	4 41	315	−18	297
Nov. 9	3 56	320	$+11^1/_2$	(332)
„ 21	5 30	18	−66	(312)
„ 26	3 41	343	−27	316

Wir sind allein auf Dennings Angaben betreffend die Bai auf Schwabes Zeichnungen angewiesen. Von diesen müssen die eingeklammerten Werte wegen Unsicherheit der Beobachtungszeit von vornherein ausgeschlossen werden. Der Rest liefert folgenden Normalort:

1855 Oktober 18 MF $= 308^0.0 \pm 4^0.4.$

Leider hat Denning nichts von dem Schleier bemerkt, obwohl in dieser Zeit eine Konjunktion zu erwarten stand.

1854—1831.

Innerhalb des Zeitraumes von 1854 bis 1831 sind die Zeichnungen, welche den Schleier oder die Bai enthalten, nur noch so spärlich vorhanden, daß eine Sonderbehandlung der einzelnen Oppositionen nicht mehr durchführbar ist. Ich beschränke mich deswegen auf einen kurzen Kommentar folgender Tabelle.[1])

[1]) Für Schwabes Beobachtungen cfr. Denning l. c.

Datum	G. M. T.	c	WS	ES	WK	MF	EK	Schleier		Bai		Beobachter
1852 Juli 2	8h 41m?	111°?				+ 25°				(136°)		Schwabe
1852 Juni 25	7 11	85				— 6				79		„
1851 Mai 10	7 3	119				+ 14				133		„
1850 März 9	10 32	187			20		+ 26		167		213	Schmidt 62
1850 Feb. 26	6 41	193				6				187		Schwabe
1848 „ 3	17 19	23				70?				313?		Bond
1846 „ 4	7 4	329			50		+ 23		(279)		(352)	Schmidt 53
1845 Dez. 2	3 56	325				- 61				26		Schwabe
1845 Aug. 24	9 58	273				+ 30				303		Schmidt 52
1844 Okt. 22	6 20	279		10				269				„ 48
1844 „ 20	6 50	356		15				341				„ 46
1844 „ 15	7 5	334		40				294				„ 45
1844 „ 14	10 35 [1])	310		15				295				„ 43
1844 Juli 18	12 50	118			30		- 30		88		148	„ 34
1840 Juni 1	8 15	288	53	+ 10				235	298			Galle
1840 Mai 27	8 54	280	34	+ 31			34?	246	311		(246)	„
1840 April 26	9 26	317				21				(296)		Schwabe
1840 „ 16	9 26	253					+ 3				256	Galle
1839 Juni 10	8 2	303					+ 1				304	„
1839 Mai 15	7 29	337					3				334	„
1839 März 30	8 41	304					13				291	„
1839 „ 13	10 11	322					+ 27				349	„
1832 Okt. 9	8 11	4				— 24				340		Schwabe
1831 Nov. 5	3 56	60				— 6				54		„
1831 Sept. 19	9 11	32				+ 24				56		„
1831 „ 5	8 56	79				— 21				58		„

In den Jahren 1854 und 1853 ist überhaupt kein Material aufzutreiben. Dann liefert je eine Bestimmung der Mitte der Bai nach Schwabe:

$$1852\ \text{Juni}\ 25\ \ MF = 79^{0} \pm ?$$
$$1851\ \text{Mai}\ 10\ \ MF = 133 \pm ?$$

Wir behalten hier und auch später die Bezeichnung MF bei, obwohl streng genommen der Fleck selber nicht mehr nachzuweisen ist. 1850 wird der Schwabesche Wert durch einen von Schmidt herrührenden verifiziert. Es findet sich:

$$1850\ \text{März}\ 4\ \ MF = 188^{0} \pm ?$$

[1]) Die Zeitangabe bei der Zeichnung Oktober 14 ist offenbar irrig und wurde nach dem Mss. von Schmidt und der Abbildung vom folgenden Tag durch Korrektion um + 5h richtig gestellt.

Bonds[1]) Notiz vom 3. Februar 1848 $9^h\ 30^m$ (Sternzeit Cambridge) wird von Lohse und Denning erwähnt. Sie lautet: „The broad one, lying a little south of the equator, had no longer its sides parallel, as on the 28th of January, but a deep hollow on its southern edge, reaching nearly across on the preceding side. The principal northern belt was much broken and diversified with dark spots and inequalities.“ Philologische Schwierigkeiten bietet die Übersetzung der Stelle: „reaching nearly across on the preceding side,“ d. h. „reichend nahezu über die vorangehende Seite“. Das kann entweder heißen, daß die Mitte der Bai etwa bei -30^0 vom Zentralmeridian aus lag, so daß die Bai nahezu über die ganze vorangehende Hälfte der Planetenscheibe reichte, oder daß die Mitte der Bai bei -70^0 lag, und die Bai gerade noch über den vorangehenden Rand der Scheibe herüberreichte. Die Unsicherheit beträgt also rund vierzig Grad. Wenn wir uns die zweite Auffassung zu eigen machen, so führt das tatsächlich auf die gesuchte Bai; denn es ergibt sich aus Bonds Angabe die Länge von MB zu ca. $310^0 \pm ?$, während aus der Interpolation der Nachbarbeobachtungen $300^0 \pm ?$ folgt.

Ganz vereinzelt ist wieder der Wert:

$$1845\ \text{Dezember}\ 2\ \text{MF} = 26^0 \pm ?$$

Auf Schmidts Zeichnungen Nr. 52 und 53 aus dieser Opposition findet sich ein großes diffuses Objekt, dessen Mitte bei $w = 310^0$ liegt. Dies ist jedoch weder mit dem Fleck noch mit dem Schleier identisch. Dieser läßt sich erst auf einer Reihe von Schmidts Zeichnungen 1844 nachweisen. Die Länge beträgt ca. 60^0. Aus vier Werten findet sich der Normalort für das Ostende:

$$1844\ \text{Oktober}\ 18\ \text{ES} = 300^0 \pm 15^0.$$

Für WS darf mithin 240^0 angenommen werden. Die recht schwer verständlichen Andeutungen Gruithuisens über seine Beobachtungen in diesem Jahre Juni 17 und 22 beziehen sich sicher nicht auf den Schleier, obwohl es zunächst den Anschein hat. Für die Bai ergibt eine Zeichnung von Schmidt:

$$1844\ \text{Juli}\ 18\ \text{MF} = 118^0 \pm ?$$

Für 1840 bieten die im Archiv der Berliner Königlichen Sternwarte[2]) vorhandenen Originalzeichnungen von Galle bisher nur von Lohse erwähntes Material. Die Identifikation des Objekts bereitet beträchtliche Schwierigkeiten, da die Skizzen in sehr kleinem Maßstabe ausgeführt sind. Die zutreffendste Auffassung der Sachlage scheint mir

[1]) American Academy of Arts and Sciences, Proceed. Vol. I. 325/326.
[2]) Refraktor II, 1. 1838—1850.

die zu sein, daß um die Wende 1840 41 eine Konjunktion des Schleiers mit der Bai stattfand (die älteste, die nachzuweisen wäre). 1840 April 16 läßt sich wenigstens die Lage des Ostkaps vor der Konjunktion ungefähr festlegen: EK = 256°. Danach wäre der Wert von MB = 240° ± ? zu schätzen. Für das Westende des Schleiers ergibt sich:

1840 Mai 30 WS = 305° ± 10° ca.

Es finden sich übrigens, wie hier vorgreifend bemerkt werden kann, die soeben gemachten Annahmen über die Lage von Bai und Schleier später durch die Rechnung bestätigt. Deswegen kann der aus Dennings Angabe abgeleitete Wert für MB entbehrt werden.

Für 1839 konnte ich aus Galles Zeichnungen für das Ostkap den Wert gewinnen:

1839 April 24 EK = 319°.5 ± 13°.3.

Für MB wird demgemäß der abgerundete Wert 300° angenommen. Die Rechnung zeigt übrigens, daß Gruithuisens in Frage kommende Beobachtung Mai 1 sich auf ein anderes Objekt bezieht. Die beiden ältesten Normalorte ruhen wieder auf Schwabes Zeichnungen:

1832 Oktober 9 MF = 340° ± ?
1831 Septemb. 30 MF = 56° ± 5° ?

Bei 1831 bricht Dennings Untersuchung ab. Über meine Versuche, noch weiter vorzudringen, soll in folgendem berichtet werden.

Übersicht der älteren Literatur bis 1740.

Es würde viel zu weit führen, wenn an dieser Stelle im einzelnen die ganze in der Bibliographie générale de l'Astronomie par Houzean et Lancaster angegebene Literatur hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Vorgeschichte des Roten Fleckes durchgegangen werden sollte. Fassen wir zunächst den Zeitabschnitt bis Maraldi ins Auge, so sind mir von der großen Menge der dort angegebenen Werke nur folgende — übrigens meist sekundäre — vier Quellen nicht zugänglich gewesen: Flammarion, Études et Lectures, Firmstone, Phipson, Mitchel (Sidereal Messenger I, 1847; äußerst selten!). Bei den selteneren Werken, die mir durch die Auskunftstelle der Deutschen Bibliotheken nachgewiesen wurden, ist früher die Bibliothek des Kontinents angegeben, von der aus sie an die Königliche Bibliothek in Berlin verliehen werden.

Die aussichtsreichste Quelle für meine retrospektive Untersuchung

schienen von vornherein die Angaben von Schwabe[1]) zu sein. Er hat auch weitere Mitteilungen in öffentlichen Blättern, wie z. B. in der „Vossischen Zeitung“ gemacht. Diese alle aufzusuchen, würde aber eine wahrscheinlich garnicht lohnende Arbeit sein. Überdies ist nach dem Abriß, den Gruithuisen davon gibt, dort wahrscheinlich kaum etwas Wichtiges zu finden. Schwabe beobachtete von 1827 bis 1856 in Dessau[2]) und hat seine Beobachtungszeiten meist auf runde Viertelstunden angegeben, wodurch von vornherein eine Unsicherheit der aus seinen Zeichnungen ermittelten Längen von mindestens $\pm 5^0$ involviert wird. Er machte auch einige Fadenmikrometermessungen betreffend die Lage der Streifen und bediente sich dabei Fraunhoferscher Refraktoren von 1 und $1^3/_4$ Meter Brennweite und Vergrößerungen von 126 bis 216.

Eine weitere wichtige Quelle sind die Jupiterbeobachtungen in München von Franz von Paula Gruithuisen.[3]) 1843/44 veröffentlichte er zum ersten Male brauchbare Zeichnungen, die durch Steindruck vervielfältigt sind und deswegen oben Süd aber rechts West zeigen. Interessant ist Figur 4, 1814 April 15 (ohne Zeitangabe). Er bemerkt dazu: „Es war im südlichen Mittelstreifen ein großer weißer Fleck sichtbar, der sich in das weiße Mittelfeld zu verlieren schien. Der Seltenheit wegen habe ich diesen hellen Fleck mit abgebildet.“ Aus der Zeichnung könnte man durch Vergleichung mit späteren von Gruithuisen und besonders denen von Schmidt vielleicht darauf schließen, daß der Schleier schon 1814 sichtbar gewesen sein möchte, und daß der weiße Fleck dessen Ende bezeichnete. Mangels einer Zeitangabe läßt sich diese unsichere Vermutung nicht weiter prüfen. Übrigens bedienen sich Gruithuisen und Schwabe der Schroeterschen Nomenklatur.

Bei Webb[4]) findet sich eine Beobachtung von South 1839 erwähnt. Versuche, noch mehr ähnliche Mitteilungen zu erlangen, waren erfolglos. Ebenso war es nicht möglich, Hinds[5]) Beobachtungen aufzutreiben. Dagegen gelang es, Thomas Dicks Werke[6]) zu beschaffen.

---

[1]) Unterhaltungen im Gebiete der Astronomie, Geographie und Meteorologie. 9. Jhrg. Nr. 139, 293—297; 10. Jhrg. Nr. 44, 336.

[2]) $49^m\ 8^s$ östl. Länge.

[3]) Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher (später: und Geologen). Hier kommt besonders in Frage 1841; 113. 1846; 128. 1847; 151—153.

[4]) Celestial Objects, London 1868; 128.

[5]) Hind, Astronomical Observations, taken at the Obs. South Villa.

[6]) The complete works of Thomas Dick. Eleven Vol. in Two. 8^0. New-York, Goodmann, 1853 (Hof- und Staatsbibliothek zu München).

In der „Celestial Scenery“ (77) finde ich die Notiz: „I have had an opportunity of viewing Jupiter with good telescopes, both reflecting and achromatic, for twenty or thirty years past; and among several hundreds of observations, I have never seen above four or five belts at one time.“ Veröffentlicht sind von diesen einigen hundert Beobachtungen aber nur zwei, die hier ohne Bedeutung sind.

1834 35 sind zahlreiche Beobachtungen (auch Heliometermessungen) an Nordflecken von Bessel, Schwabe, Beer und Mädler sowie von Airy angestellt worden, auf die vielleicht gelegentlich zurückzukommen wäre. Die Bai wird leider nicht erwähnt.

In diesen Jahren hat Wilhelm Struve die Durchmesser Jupiters und seiner Trabanten gemessen, wobei er für die Abplattung des Planeten einen durch seine Größe bemerkenswerten Betrag $\frac{1}{13.71}$ erhielt. Über Flecke finde ich keine Angaben.

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts hat Arago[1]) vereinzelte Messungen auf Jupiter in den Jahren 1810—1815, 1817, 1819, 1820, 1835, 1837 und 1842 veröffentlicht. Schon Notizen über die Sichtbarkeit der Streifen sind selten; Mitteilungen über Flecke sind mir überhaupt nicht aufgefallen.

In der Zeit von Arago bis zurück zu Maraldi sind alle gelegentlichen, verstreuten Mitteilungen über Jupiter und seine Trabanten z. B. in dem B. J. und in der C. d. T. durchgesehen worden, aber ohne nennenswerten Erfolg. Es könnte sein, daß für Hahns Beobachtung 1791[2]) dasselbe gilt wie für Gruithuisens Wahrnehmung 1814.

Die weitaus größte Beobachtungsreihe des 18. Jahrhunderts verdanken wir dem unermüdlichen J. H. Schroeter, der auf seiner Privatsternwarte in Lilienthal bei Bremen den Jupiter sehr eifrig, aber leider manchmal ohne den nötigen kritischen Blick studierte. Weder über die Bai noch über den Schleier geben seine zahlreichen Zeichnungen Auskunft, enthalten aber sonst manche brauchbare Wahrnehmung, so daß vielleicht eine spätere Bearbeitung lohnend wäre.

Es ist sehr zu bedauern, daß Herschel seine „Astronomical observations on the Rotation of the Planets round their Axes, made with the View to determine whether the Earth' diurnal motion is perfectly equable“, die in Briefform veröffentlicht[3]) sind, nur von 1778 bis 1779 ausgedehnt hat. Unter den verschiedenen Flecken hat nur einer im Frühjahr 1778 Interesse, der, nach Herschels Skizzen zu

---

[1]) Oevres complètes T. II.
[2]) B. J. 1794.
[3]) Phil. Trans. LXXI; 115—138.

urteilen, dem Roten Fleck äußerlich sehr ähnlich sah. Aus den mitgeteilten 4 Passagen durch die Mitte vom 25. Februar bis 14. März, die 41 Rotationen umspannen, habe ich die siderische Rotationszeit zu $9^h\ 55^m\ 5^s$ ermittelt, ein Wert, der wohl höchstens um 5^s unsicher ist. Wir haben hier einen großen elliptischen Fleck in der jovizentrischen Breite des Roten Fleckes vor uns, dessen Rotationszeit aber über eine halbe Minute kürzer ist. Es wäre ja immerhin denkbar, daß die Geschwindigkeit des Roten Fleckes, die wir von 1879 rückwärts gehend, immer weiter wachsen finden, schließlich einen so hohen Betrag erreicht hat. Gegen diese Vermutung spricht jedoch zunächst der Umstand, daß der von Herschel beobachtete Fleck nur eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer besaß, und ferner, daß bei Schroeter nichts über den Verbleib des Objektes in der Zwischenzeit nachzuweisen ist.

Im Berliner Astronomischen Jahrbuch findet sich die Notiz, daß Sylvabelle[1]) in Marseille mit einem Spiegelteleskop von 90facher Vergrößerung aus einer nicht veröffentlichten Reihe von Beobachtungen Mitte Oktober 1773 mit Benutzung eines hellen Fleckes „oben an der 2ten gewöhnlich sichtbaren Streife über dem Äquator" den Cassinischen Wert für die Rotationszeit von $9^h\ 56^m$ bestätigen konnte. Um was für ein Objekt es sich gehandelt hat, ist nicht mehr zu entscheiden.

Eine längere Beobachtungsreihe aus jener Zeit hat Messier[2]) veröffentlicht, er beobachtete den Jupiter mit elf verschiedenen Instrumenten, unter denen hauptsächlich ein Gregorysches Spiegelteleskop mit 104facher Vergrößerung und später ein Dollondscher Achromat in Frage kommt. Ich erwähne diese Ausrüstung der Pariser Marine-Sternwarte besonders deswegen, um zu zeigen, daß Messier für die damalige Zeit recht gute optische Mittel zur Verfügung standen. Wenn er also die Streifen Jupiters auf den 12 (aufrechten) Zeichnungen ganz auffallend blaß wiedergibt, so kann das sehr wohl den Tatsachen entsprechen und braucht nicht der Unvollkommenheit seiner Instrumente zugeschrieben zu werden. Weder die Bai noch der Schleier läßt sich auf den Abbildungen nachweisen.

Ungefähr in dieselbe Zeit fallen die Beobachtungen Wargentins[3]) in Stockholm. Er hatte einen Refraktor von Dollond mit $3^1/_4$ m Brennweite und 108—190facher Vergrößerung zur Verfügung. Ich

---

[1]) B. J. 1778; 145.

[2]) Phil. Trans. XIV; 254 sqq. Die Hauptabhandlung: C. d. T. pour l'an XV. Quatrième Rc. d'Obs. Astr. de 1765 à 1769.

[3]) Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsaliensis II, 1775; 249—266.

habe den ganzen Text, der hauptsächlich Trabantenbeobachtungen enthält, auch nach Bemerkungen über Flecke durchsucht. Diese finden sich jedoch nur sporadisch und beziehen sich meist auf Objekte „in margine inferiori fasciae lucidae mediterraneae", die hier nicht in Frage kommen.

Was an Beobachtungen in den Mémoires de Mathém. (Paris) publiziert wurde, ist leider hier bedeutungslos. Die Durchsicht der 10 Quartbände ohne Sammelregister förderte zwar einige Jupiternotizen von Wargentin in Stockholm, Celsius in Upsala, Baudouin, Messier, de Sarron in Paris, ferner von Bouin, d'Arquier, d'Anthelmy und Goldover zutage, aber über Streifen und Flecken fand sich so gut wie nichts.

Die zusammenfassenden Werke aus jener Zeit: 1746 Le Monnier, Institutions Astronomiques und 1740 Cassini II, Éléments d'Astronomie geben einen verhältnismäßig knappen und zum Teil ungenauen Abriß der Cassinischen Epoche, von der im folgenden gehandelt werden soll. Eine kurze Übersicht der Beobachtungen dieser Zeit gibt Libert in seinem Werke über Jupiter.[1])

Die Beobachtungen aus der Cassinischen Epoche.

Schon bald nach dem intensiven Aufleuchten des Roten Fleckes 1879 wurde von verschiedenen Seiten auf die weitgehende Ähnlichkeit hingewiesen, die zwischen der von Cassini beobachteten „Tache permanente" und dem Roten Fleck bestehen. Auch Denning hat sich in seinen oben genannten Untersuchungen mit dieser Frage beschäftigt. Er teilt dort eine Tabelle der Rotationszeiten von 1664—1672 mit, die aber nur so lange zu halten ist, als man sich mit dem wenigen Material begnügt, das ihm zur Verfügung stand. Berücksichtigt man auch die weniger bekannten italienischen Beobachtungen von Cassini, Campani und Serra, so wird das Problem bedeutend komplizierter. Es läßt sich dann z. B. nicht mehr sicher entscheiden, ob Hooks vielgenannte Beobachtung[2]) eines Fleckes auf Jupiter sich wirklich auf die Tache permanente oder auf ein später von Auzout[3]) gesehenes Objekt bezieht. Auch bestätigen Cassinis Beobachtungen Ende 1674, daß die

[1]) Lucien Libert: Le Monde de Jupiter T. I, II, Le Havre, 1903 04.
[2]) Phil. Trans. I; 3.
[3]) Mém. de l'Acad. Paris T. VII pg. 1 sqq. 1729.

1672 getroffene Entscheidung zwischen den Werten der Rotationszeit $9^h\ 55^m\ 58^s$ und 51^s zugunsten des unrichtigen Wertes (51^s) gefällt war. Wenn auch streng genommen wegen bedeutender Lücken in den Reihen der Beobachtungen eine völlig einwandfreie Bestimmung der Bewegung der Tache permanente überhaupt nicht mehr möglich ist, so geht doch mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit aus der Gesamtheit der auf das System II reduzierten Beobachtungen hervor, daß in der ganzen Zeit von 1664—1713 die Tache permanente tatsächlich die siderische (was Cassini angibt, ist die synodische) Rotationszeit von $9^h\ 56^m\ 0^s$ im Durchschnitt besessen hat. Die entsprechende Eigenbewegung gegen System II ist $+\ 0^0.39$. Die Schwankungen um diesen Wert betragen wohl höchstens $\pm\ 0^0.08$. Wegen dieser starken Abweichung von $+\ 0^0.4$ gegen System II, dem doch in den letzten Jahrzehnten die Bewegung des Roten Fleckes nahezu entsprach, oder vorher eine Abweichung im negativen Sinn von $0^0.2$ zeigte, ist es wohl als ausgeschlossen zu betrachten, daß die Tache permanente und der Rote Fleck als ein und dasselbe Gebilde in verschiedenen Phasen seiner Entwickelung anzusehen sind. Aus diesem Grunde kann davon abgesehen werden, die bereits fertig vorliegende Bearbeitung des Materials über die Tache permanente hier mit zu veröffentlichen.

Wenn jedoch die Frage nach der Wesensverwandtschaft zwischen der Tache permanente und dem Roten Fleck aufgeworfen wird, so darf diese wohl bejaht werden. Denn es bestehen zwischen beiden bedeutende Ähnlichkeiten. So erlitt die Sichtbarkeit der Tache permanente längere Unterbrechungen entsprechend dem wiederholten Abblassen des Roten Flecks. Die jovizentrische Breite stimmte nahezu überein und auch die Gestalt, wenn auch die Dimensionen der Tache permanente anscheinend bedeutend kleinere waren. Indem ich Einzelheiten einer besonderen Publikation vorbehalte, möchte ich es hier mit diesen Andeutungen bewenden lassen.

Übersicht der Bewegung des Roten Fleckes von 1831 bis 1911.

In folgender Tabelle sind alle dreißig im vierten Abschnitt dieser Arbeit gewonnenen Normalorte für die Mitte des Fleckes bzw. der Bai zusammengestellt.

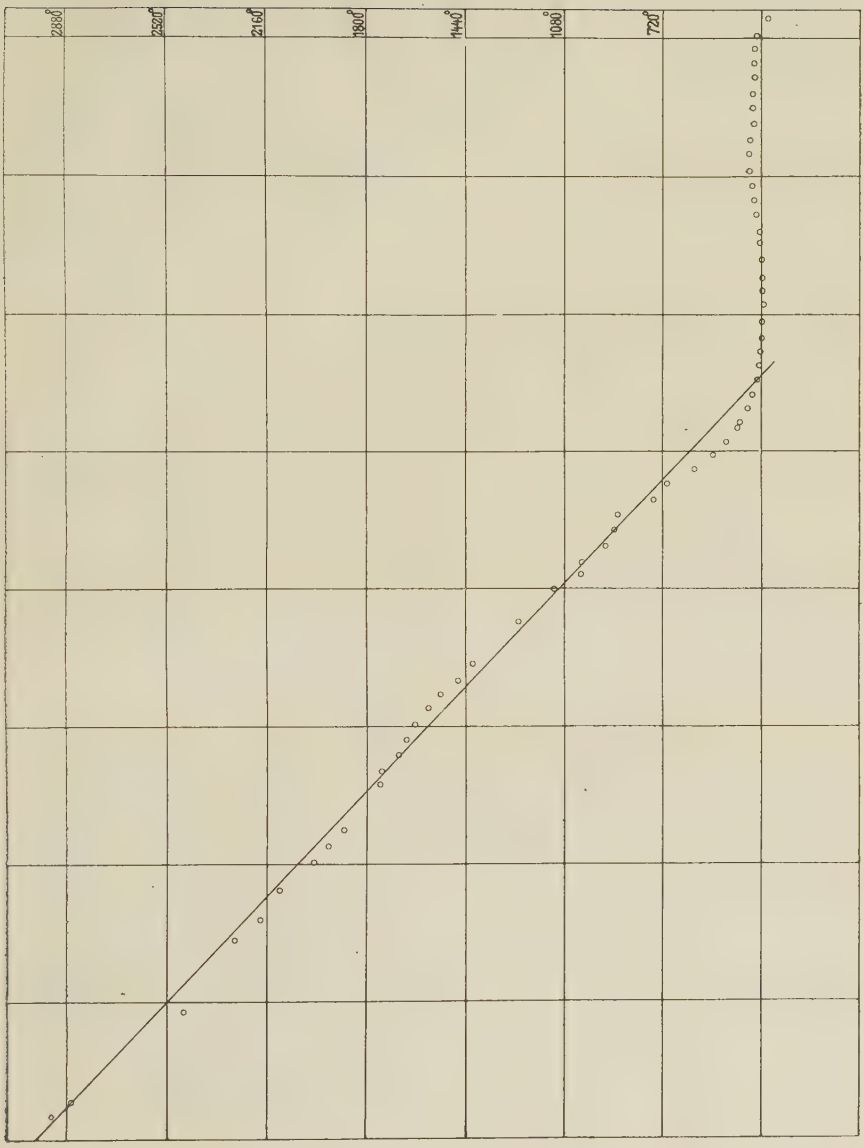
Das folgende Diagramm S. 57 läßt die Bewegung besser übersehen. Es geht daraus hervor, daß man mit einem hohen Grade von Wahr-

scheinlichkeit annehmen darf, daß alle im vorhergehenden mit dem Roten Fleck in Beziehung gebrachten Objekte auch tatsächlich als frühere Erscheinungsform eines und desselben Gebildes anzusehen sind. Die einzigen Ausnahmen betreffen 1839 und 1840, wo das Material an Zeichnungen nur unsichere Daten ermitteln ließ. Eine gewisse Unsicherheit bleibt auch 1875 und 1877 bestehen.

Es ist also hier gelungen, die Rotation eines Jupiterfleckes über den sehr beträchtlichen Zeitraum von 80 Jahren zu verfolgen. Aus diesem Grunde hat vorliegende Untersuchung auch besondere Be-

Bewegung des Roten Fleckes von 1831—1879.

Nr.	Jahr	MF	MF	Rechn.	B—R
1	1831.75	56°	2936°	2908°	+ 28°
2	1832.77	340	2860	2860	0
3	1839.31	300	2460	2550	— 90
4	1840.29	240	2400	2503	—103
5	1844.54	118	2278	2302	— 24
6	1845.92	26	2186	2236	— 50
7	1848.09	310	2110	2133	— 23
8	1850.17	188	1988	2035	— 47
9	1851.36	133	1933	1978	— 45
10	1852.48	79	1879	1925	— 46
11	1855.80	308	1748	1768	— 20
12	1856.79	301	1741	1721	+ 20
13	1857.91	240	1680	1668	+ 12
14	1859.04	215	1655	1614	+ 41
15	1860.12	181	1621	1563	+ 58
16	1861.28	134	1574	1508	+ 66
17	1862.32	90	1530	1459	+ 71
18	1863.39	28	1468	1408	+ 60
19	1864.55	331	1411	1353	+ 58
20	1867.67	167	1247	1205	+ 42
21	1869.99	36	1116	1095	+ 21
22	1871.12	294	1014	1042	— 28
23	1871.98	295	1015	1001	+ 14
24	1873.17	208	928	945	— 17
25	1874.33	172	892	890	+ 2
26	1875.40	162	882	839	+ 43
27	1876.45	31	751	789	— 38
28	1877.67	342	702	731	— 29
29	1878.77	242	602	679	— 77
30	1879.77	179	539	632	— 93



Die Bewegung des Roten Fleckes auf Jupiter von 1831 bis 1911.

deutung für die Physik Jupiters überhaupt. Fragen dieser Art sollen aber jetzt nicht mit berücksichtigt, sondern allein die Bewegung des Roten Fleckes ins Auge gefaßt werden. Aus dem Diagramm, bei dem die Ordinaten für die ganzzahligen Vielfachen von 360° voll ausgezogen sind, geht folgendes hervor:

Die Bewegung zerfällt deutlich in zwei Abschnitte, deren allerdings nicht völlig scharf zu ziehende Grenze etwa in das Jahr 1883 zu setzen ist. Das wesentliche Charakteristikum ist dabei die Rotationsgeschwindigkeit bzw. Eigenbewegung des Fleckes gegen System II. Diese betrug im ersten Abschnitt etwa — 0°.13, während sie im zweiten Abschnitt bis 1910 im Mittel nahezu 0 war. Die Abweichung 1911, die zuerst von Phillips bemerkt wurde, soll hier nicht genauer diskutiert werden. Wenn auch die Bewegung des Roten Fleckes von 1883 bis 1911 recht merkliche Schwankungen aufweist, so sind diese doch verhältnismäßig unbedeutend gegen die Anomalien von 1831 bis 1883. Natürlich entfällt ein Teil davon auf die beträchtliche Unsicherheit der alten Normalorte, doch zeigt sich aus der Übereinstimmung der benachbarten Werte in den besser durch Beobachtungen belegten Zeitabschnitten, daß sicher auch ein großer Teil der Schwankungen reell ist. Ihr Charakter ist jedoch so ungewiß, daß man die verschiedensten Perioden dafür ansetzen könnte. Aus diesem Grunde begnügen wir uns mit der einfachen Annahme eines linearen Ausdrucks für die Bewegung von 1831 bis 1879. Graphische Ausgleichungen führten zu folgender Interpolationsformel:

$$MF = 1000^{\circ}.0 - 47^{\circ}.40\ (t^{a} - 1872.0).$$

Die hierdurch zu erzielende Darstellung der Beobachtungen lassen die (B – R) obiger Tabelle erkennen. Nach einer positiven Abweichung begegnen wir zwei Jahrzehnte lang negativen Werten, denen $1\frac{1}{2}$ Jahrzehnte lang positive Werte folgen. In den 70er Jahren herrschen dann noch die negativen Zeichen vor. Läßt man die schon früher als besonders unsicher bezeichneten Werte für 1839 und 1840 fort, so sind die Abweichungen, namentlich wenn man ihren Gang in Betracht zieht, doch nicht so groß, daß man deswegen die Richtigkeit der Identifikation anzweifeln könnte.

Eine bessere Darstellung der Beobachtungen ließe sich z. B. dadurch erzwingen, daß man die mittlere jährliche Bewegung um — 2°.1 korrigierte, folgende periodische Funktion hinzufügte:

$$95^{\circ} \sin\left(\frac{360^{\circ}}{46}[t^{a} - 1855]\right)$$

und den Anfangswert entsprechend verschöbe. Allerdings werden dann

die älteren Beobachtungen besser dargestellt, aber der Ausdruck versagt ebenso wie der vorige für die Beobachtungen jüngeren Datums. Zumal dem rein willkürlichen Glied von 46ª Periode wohl jede tiefere Bedeutung für die Physik Jupiters abgeht, und der lineare Ausdruck auch genügt, um die Richtigkeit der Identifikationen nachzuweisen, so soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden. Die ungefähre Übereinstimmung mit der von Denning angenommenen Periode der Maxima der Rotationszeiten des Roten Fleckes von $48^1/_2$ª ist rein zufällig, denn diese Hypothese beruht auf einer Kombination der Beobachtungen aus der Epoche von Cassini und Maraldi mit den hier behandelten. Daß eine solche aber nicht zulässig ist, habe ich schon früher erörtert.

Dem obigen Werte der jährlichen Bewegung entspricht eine tägliche von $-0^0.13$ oder $n = 870^0.40$. Insofern findet sich also das Ergebnis der Denningschen Untersuchungen im allgemeinen bestätigt, wenn dies auch nicht für alle Einzelwerte von 1831 bis 1899 der Fall ist. So läßt sich z. B. die Spitze in seiner graphischen Darstellung der Schwankungen der Rotationszeit des Roten Fleckes für 1877 nicht mehr belegen.

Der Natur der Sache nach konnte hier nicht der Versuch gemacht werden, die Gesamtheit der Beobachtungen des Roten Fleckes durch eine einzige Formel befriedigend darzustellen. Schon für den Zeitraum von 1878 bis 1909 war Lohse genötigt, zwei zwar der Form nach identische aber hinsichtlich der Koeffizienten verschiedene Ausdrücke aufzustellen, deren Grenze der 22. Februar 1883 bildet. Auch diese Formel zeigt im letzten Jahre eine beträchtliche Abweichung von der Beobachtung. Wollte man trotzdem eine Formel bilden, welche imstande ist, die Bewegung des Roten Fleckes von 1831 bis 1911 wiederzugeben, so würde der Aufwand an Rechnung ganz enorm werden. Die Schwierigkeit der Aufgabe würde ungefähr der entsprechen, die die numerische Darstellung der Bewegung einer barometrischen Depression bietet, die vom Atlantischen Ozean herkommend, über den Kontinent wandert und dabei mannigfache Störungen in ihrem Laufe erfährt. Durch diesen Vergleich soll jedoch nur der Charakter des Problems gekennzeichnet und noch keine Hypothese über die Natur des Roten Flecks ausgesprochen werden. Diese mag späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Übersicht der Bewegung des Schleiers von 1840 bis 1911.

Es stellte sich im Verlauf der Sammlung der Beobachtungen des Roten Flecks zuerst bei den Zeichnungen Gortons die Notwendigkeit heraus, auch die Bewegung des Schleiers mit zu untersuchen, um auch in zweifelhaften Fällen die Lage der Bai richtig zu identifizieren. In folgender Übersicht über die Beobachtungen des Schleiers verfahren wir in ähnlicher Weise wie bei dem Roten Fleck.

Auf die ganz besonders große Bedeutung des Schleiers hat zuerst H. Struve[1]) hingewiesen und folgende Normalorte aufgestellt, die für 1903 November 1.0 Gr. gelten:

Westende (WS) $w_o = 132^0.67 \pm 0^0.41 \quad \mu = -0^0.540 \pm 0^0.019$
Ostende (ES) $w_o = 188.48 \pm 0.50 \quad \mu = -0.452 \pm 0.019.$

Für 1904 September 6.3 ergab sich ferner das Mittel für WS $= 323^0.44$ und daraus die tägliche Bewegung von WS in der Zwischenzeit, in die ein Vorübergang des Schleiers vor dem Roten Flecke fiel, zu $-0^0.545$. H. Struve bemerkt l. c. darüber: „Ferner sprechen einige frühere Beobachtungen dafür, daß dieser Schleier schon längere Zeit existirt oder sich aus denselben Ursachen immer wieder erneuert. Ja, es hat sogar den Anschein, daß ein Object, welches Barnard während seiner Beobachtungsreise in Nashville 1880 in der Nähe des rothen Flecks gesehen hat, mit diesem Schleier identisch ist. Jedenfalls verdient dies merkwürdige Gebilde wegen seiner Beständigkeit und wegen der Vorübergänge am rothen Fleck auch in Zukunft besondere Beachtung."

Auch Lohse[2]) hat sich seit 1904 eingehend mit diesem großen grauen Streifenstück beschäftigt. Bis 1901 hat er es selbst durch seine Beobachtungen und Zeichnungen zurückverfolgt und bis 1892 das Vorhandensein daran nachgewiesen, daß auch schon damals „die Sichtbarkeit des roten Flecks in den geraden Jahren, in denen eine Konjunktion mit dem Streifenstück S stattfand, eine Wandlung erfahren hatte". Lohse fand, daß seine Beobachtungen von WS in dem Zeitraum von 1904 bis 1909 sich durch folgende Annahme gut darstellen lassen:

1907 Juli 14.0 WS $= 148^0.53 \quad \mu = -0^0.5168$

entsprechend für das Ostende:

1906 Nov. 21.0 ES $= 335^0.30 \quad \mu = -0^0.511.$

[1]) Abh. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1904.
[2]) Publ. Potsdam 21; 149 sqq.

Die Werte der Eigenbewegung für Anfang und Ende des Schleiers zeigen eine bemerkenswerte Übereinstimmung.

Lau hat ebenfalls bei seinen „Mikrometermessungen auf Jupiter", die er in den Astronomischen Nachrichten veröffentlicht hat, stets den Schleier mit berücksichtigt und eine Reihe von Normalorten abgeleitet. Eine zusammenfassende Untersuchung darüber ist zwar noch nicht publiziert, aber ich verdanke einer privaten Mitteilung folgende Formel, die er zur Darstellung der Längen des Westendes von 1903 bis 1910 vor der Veröffentlichung von Lohses Untersuchungen ermittelt hat:

$$WS = 257^0.4 - 191^0.5\,(t^a - 1907.0).$$

Besonders charakteristisch ist seine Auffassung über die Störungen in der Bewegung des Schleiers zur Zeit der Konjunktion mit dem Roten Fleck. Außer Lau haben noch eine Reihe anderer Beobachter sich mit diesem Problem befaßt.

Mein Augenmerk war zunächst darauf gerichtet, eine Verbindung zwischen den Beobachtungen der Gegenwart (bis 1901) und denen von 1880 herzustellen, um dann, wenn möglich, eine Brücke zu den alten Wahrnehmungen des Gebildes zu schlagen. Es gelang, von den Schmidtschen Zeichnungen her an beträchtliche Metamorphosen des Schleiers gewöhnt, das Objekt auch auf einer Zeichnung Lohses 1895 März 25 (Nr. 87) zu entdecken. Auf dieser ist das Ostende dargestellt, nachdem es vor kurzem den Zentralmeridian überschritten hat, während das Westende des Schleiers bereits dem Rande nahe ist. Das Urteil über die Lage von WS wird durch eine große helle Wolke gestört, wie sie ähnlich schon 1880 vorhanden war. Es wird hier für das Westende angenommen WS = 193°. Übrigens findet sich das Objekt, wenn auch undeutlich, auf Zeichnung Nr. 88, 1895 März 30. Eine vorläufige Prüfung dieser Identifikation ist durch die Beobachtungen während des Vorüberganges 1896 möglich. Aus Zeichnung 92 kann man die Länge von WS zu rund 10° für 1896 März 21 entnehmen. Wir hätten also in einem Jahr gerade einen halben Umlauf zu verzeichnen, wie zu erwarten war. Außerdem habe ich den Schleier noch auf Zeichnung 70, 1892 September 20, gefunden. Die Länge des Westendes läßt sich mit großer Unsicherheit auf etwa 283° schätzen. Das Objekt ist dort so unbestimmt definiert, daß man allein aus dem Anblick der Zeichnung kaum etwas entnehmen kann. Die Richtigkeit der Identifikation läßt sich auch hier erst nachträglich durch Rechnung bestätigen. Die noch bestehende Lücke bis 1880 auszufüllen, war leider nicht möglich, obwohl ich bei den Nachforschungen eine ganze Reihe noch unveröffentlichter Zeichnungen aus dem Archiv der R. A. S. benutzen durfte.

Das früher erwähnte Objekt, welches von H. Struve zuerst mit dem Schleier in Zusammenhang gebracht worden ist, hat Denning[1]) auf einer Zeichnung vom 18. Oktober 1880 nahe dem Westrande des Planeten sehr deutlich wiedergegeben. Denning bemerkt[2]) dazu: „In October I frequently noticed a dusky marking or short streak south preceding the red spot about $1^1/_2$ hour." Er teilt bei dieser Gelegenheit Passagen-Beobachtungen von 1880 Oktober 11 bis 1881 Februar 16 mit. Sehr wichtig ist die weitere Angabe von Denning: „There were a number of these dusky short streaks visible in this region of the planet during his recent opposition." Es wird dadurch in Frage gestellt, ob hier überhaupt noch eine sichere Identifikation des Schleiers durchführbar ist. Es ist ja ebensogut möglich, daß eines der anderen dunklen Gebilde ihm gleichzusetzen wäre. Wenn man zwischen dem Auftreten der intensiven Färbung des Roten Fleckes im Jahre 1879 und 1880 und der Bildung dieser Schleier einen ursächlichen Zusammenhang annehmen dürfte, dann müßte man wohl auch die Entstehung des bisher verfolgten Schleiers in dieses Jahr verlegen, so daß alle Identifikationsversuche vor dem Jahre 1879 unstatthaft wären. Aus diesem Grunde habe ich diese hier unterbrochen und von den Beobachtungen der 60er Jahre ausgehend, das damals von mir als Schleier bezeichnete Objekt sowohl vorwärts wie rückwärts weiter zu verfolgen versucht. Es ist das große Verdienst Schmidts, durch Anhäufung reichhaltigen Materials von Zeichnungen die Möglichkeit gegeben zu haben, eine solche Untersuchung überhaupt durchführen zu können. Außer ihm kommen für 1860/61 noch Gorton und für 1840 Galle in Betracht. Bereits bei den Beobachtungen des Roten Fleckes haben wir auch die des Schleiers mit angegeben.

Die Ermittelung der Anzahl der in den betreffenden Intervallen ausgeführten vollen Umläufe des Schleiers um den Planeten geschah folgendermaßen: Nachdem sich aus den engeren Intervallen mit Sicherheit ergeben hatte, daß die Bewegung des Schleiers auch früher nahezu $^1/_2$ Grad pro Tag gegen System II betrug, wurden die einzelnen Normalorte auf Millimeterpapier eingetragen, und zwar der Mehrdeutigkeit des Problems entsprechend, um eine Reihe passend gewählter Vielfache von 360^0 vermehrt. Unter der Annahme, daß die Bewegung des Schleiers im wesentlichen als gleichförmig angesehen werden darf, wurde dann durch die Punktreihen eine Gerade gelegt, die sich den Beobachtungen möglichst gut anschloß. Dabei stellte sich allerdings heraus, daß wegen der sehr großen Lücken

[1]) M. N. 41; 44.
[2]) M. N. 41; 359.

eine absolut sichere Bestimmung nicht mehr möglich ist. Trotzdem ist aber die angegebene Bewegung als in hohem Grade wahrscheinlich anzusehen. Eine auf verschiedene graphische Vorversuche gegründete Ausgleichung lieferte schließlich folgenden linearen Ausdruck für die Bewegung des Westendes des Schleiers in dem Zeitraum von 1840 bis 1877:

Epoche 1863 Oktober 23.0 G. M. T.

$$WS = 254^{0}.1 \pm 10^{0}.5$$

$$\mu = -\,0^{0}.50845 \pm 0^{0}.0027.$$

Vergleicht man mit dieser Formel auch die Beobachtungen nach 1879, so zeigt zwar der Wert für 1880 eine beträchtliche Abweichung — die aber noch nicht so groß ist, als daß dadurch die Möglichkeit einer Identität in Frage gestellt würde — dafür stimmen aber die für 1892, 1895 und 1896 gefundenen Werte genügend mit der Formel überein.

Die Bewegung des Schleiers.

Nr.	Datum	Schleier WS	Schleier ES	WS	Rechn.	B—R
1	1840 Mai 30	305°		12 905°	12 881°	+ 24°
2	1844 Okt. 18	240	300	12 120	12 067	+ 53
3	1860 Feb. 3	202		9 202	9 226	— 24
4	1860 „ 23		240			
5	1861 März 13	332	34	8 972	9 021	— 49
6	1862 Mai 15		250			
7	1862 „ 27	179		8 819	8 797	+ 22
8	1865 Juni 17	310		8 230	8 229	+ 1
9	1865 Juli 9		344			
10	1869 Feb. 1		69			
11	1869 „ 15	22		7 582	7 548	+ 34
12	1874 April 29	93		6 573	6 583	— 10
13	1877 Juli 21	228		5 988	5 984	+ 4
14	1880 Okt. 18	60?		5 460?	5 381	+ 79?
15	1892 Sept. 30	283		3 163	3 167	— 4
16	1895 März 25	193		2 713	2 701	+ 12
17	1896 „ 21	10		2 530	2 517	+ 13
18	1901 Aug. 22	174		1 614	1 511	+ 103
19	1903 Nov. 1	133		1 213	1 104	+ 109
20	1907 Juli 14	149		509	417	+ 92
21	1910 Mai 22	325		325	247	+ 78
22	1911 „ 30	190		190	56	+ 134

Der Wert für 1901 ist aus Lohses Angabe, daß August 22 die Länge der Mitte des Schleiers 222° betrug, unter der Annahme der

halben Längsausdehnung des Schleiers zu 38°[1]) berechnet. Diese Länge sowie die Normalorte von Struve und Lohse und die aus Messungen und Schätzungen von Lau abgeleiteten Positionen, von denen nur ein kleiner Teil ausgewählt wurde, um eine Übersicht zu geben, ohne daß eine definitive Bearbeitung auch des neueren Materials ins Auge gefaßt war, zeigen 1910 und 1911 beträchtlich größere Abweichungen. Es macht beinahe den Eindruck, als ob man es seit 1901 mit einem anderen Objekt zu tun hätte. Die Abnahme der (B—R) seit 1903 bis 1910 deutet darauf hin, daß die mittlere jährliche Bewegung statt zu — 185°.7 zu — 190° angenommen werden müßte. Nehmen wir jedoch die Länge für WS aus der letzten Opposition mit hinzu, die sich aus Schätzungen von Lau ergibt, so findet man für die Formeln von Lohse und Lau Abweichungen im Sinne (B—R) von + 52° bzw. + 56°. Die Bewegung des Schleiers hat sich also von 1910 auf 1911 beträchtlich verlangsamt, während zur gleichen Zeit die Geschwindigkeit des Roten Fleckes zugenommen hat. Es hat den Anschein, als ob während des letzten Vorüberganges der Schleier einen nicht unbedeutenden Teil seiner Energie an den Roten Fleck abgegeben hat. Wir können jedoch das sehr interessante Problem, das hier auftaucht, nicht weiter verfolgen. Ebenso müssen wir es unentschieden lassen, ob der alte Schleier mit dem gegenwärtig beobachteten identisch ist.

Zum Schluß geben wir noch eine Übersicht der in dem Zeitraum von 1840 bis 1879 stattgehabten Konjunktionen des Schleiers mit dem Fleck. Aus der Verbindung der gefundenen mittleren Bewegungen ergibt sich als die mittlere Periode der Konjunktionen 2ª.6027. (Das gilt natürlich nur für die ältere Zeit, denn im letzten Jahrzehnt hat der Schleier den Fleck alle 1ª.9 eingeholt.)

1879.27	1858.45
1876.67	1855.84
1874.06	1853.24
1871.46	1850.64
1868.86	1848.04
1866.26	1845.43
1863.65	1842.83
1861.05	1840.23

Von diesen 16 Konjunktionen lassen sich nur drei wirklich belegen: 1874, 1860 und 1840. Die Abweichung der wahren Längen von Fleck und Schleier gegen die mittleren bewirkt mitunter nicht unbeträchtliche Verschiebungen der wahren Epoche des Vorübergangs gegen die oben angegebene mittlere. Nur 1840 ist die Abweichung besondes groß,

[1]) l. c. pg. 149.

denn die Mitte der wahren Konjunktion fällt ca. erst auf Anfang 1841. 1860 fand die wahre Konjunktion $0^a.6$ früher statt, als die Tabelle angibt. Für 1874 bestätigt sich übrigens jetzt unsere frühere Vermutung, daß die damalige Blässe des Fleckes durch einen Vorübergang des Schleiers hervorgerufen wurde. Erwähnenswert wäre vielleicht noch, daß diese Erscheinung auch einige Lücken in den Beobachtungsreihen zu erklären vermag. Dies gilt z. B. für Mitte 1853, Ende 1865 und Mitte 1868.

Für den Zeitraum von der Gegenwart bis 1880 zurück hat Lohse, wie erwähnt, bis 1892 in den geradzahligen Jahren Konjunktionen nachgewiesen. Vielleicht darf man noch einen Schritt weiter gehen und ein dem Anfange des Schleiers ähnelndes Objekt, dessen Konjunktion mit dem Roten Fleck St. Williams[1]) für 1890 August 28 vorhersagte, auch auf diesen beziehen. Die jetzt bis 1880 noch fehlenden Vorübergänge können leider nicht belegt werden.

Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

1. Die aus Schätzungen der Zeiten der Passage des Zentralmeridians ermittelten Längen des Roten Fleckes zeigen den Ergebnissen der Messungen gegenüber das Vorhandensein beträchtlicher systematischer Fehler. Diese sind teils konstanter Natur, und steigen in den Differenzen der Auffassung verschiedener Beobachter bis zu 5^0 an, teils variabel. Sie hängen von der Überschätzung der Phase ab und erreichen in maximo ca. $3^0.5$, ferner von der Neigung der Jupiterstreifen gegen den Horizont.
2. Die Bewegung des Roten Fleckes läßt zwei Hauptabschnitte erkennen, deren Grenze ungefähr in das Jahr 1883 fällt. In dem älteren Abschnitt von 1831 bis 1883 ist die Bewegung, abgesehen von der Andeutung einer Libration von großer Amplitude und rund einem halben Jahrhundert Periode, — $0^0.13$ gegen das System II von Marth, während sie in dem neueren Abschnitt von 1883 an, ebenfalls ohne Berücksichtigung nicht unbeträchtlicher Schwankungen, beiläufig dem System II entspricht.
3. Auch auf den Zeichnungen von Julius Schmidt u. A. läßt sich ein dem Schleier sehr ähnliches Objekt nachweisen. Dieser „alte Schleier“ hat in dem Zeitraum von 1840 bis 1877 eine Eigenbewegung von — $0^0.50845$, wodurch sich auch noch die Beobachtungen bis 1896 größtenteils befriedigend darstellen lassen.

[1]) M. N. 50; 520.

Ephemeriden der Zentralmeridiane nach System II.

Gültig für 0^h G. M. T.

1855 bis 1861	c	1861 b. 1868/69	c	1868/69 b. 1871/72	c	1871/72 bis 1873	c
Sept. 21	16°.7	Mai 16	32°.8	Dez. 1	316°.3	Sept. 28	327°.8
Okt. 7	261 .1	Juni 1	274 .2	„ 13	318 .2	Okt. 10	330 .4
„ 23	144 .6	„ 17	155 .0	„ 25	319 .6	„ 22	333 .3
Nov. 8	27 .1			Jan. 6	320 .7	Nov. 3	336 .6
„ 24	268 .6	1862		„ 18	321 .4	„ 15	340 .5
		März 29	121 .3	„ 30	321 .8	„ 27	344 .7
1856		April 14	6 .8	Febr. 11	322 .0	Dez. 9	349 .3
Aug. 12	359 .4	„ 30	251 .3	„ 23	322 .1	„ 21	354 .2
„ 28	245 .7	Mai 16	134 .8	März 7	322 .2	Jan. 2	359 .2
Sept. 13	132 .3	Juni 1	17 .5			„ 14	4 .1
„ 29	18 .8	„ 17	259 .2	1869/70		„ 26	8 .9
Okt. 15	265 .0	Juli 3	140 .6	Nov. 8	189 .3	Febr. 7	13 .2
„ 31	150 .2			„ 20	194 .1	„ 19	16 .9
		1863		Dez. 2	198 .4	März 2	20 .1
1859/60		April 11	11 .4	„ 14	202 .1	„ 14	22 .9
Nov. 14	3 .0	„ 23	16 .1	„ 26	205 .3	„ 26	25 .1
„ 30	248 .0	Mai 5	20 .5	Jan. 7	207 .8	April 7	26 .7
Dez. 16	134 .0	„ 17	24 .4	„ 19	209 .8	„ 19	28 .0
Jan. 1	20 .5	„ 29	27 .8	„ 31	211 .3	Mai 1	29 .3
„ 17	267 .1	Juni 10	30 .6	Febr. 12	212 .3	„ 13	30 .5
Febr. 2	153 .0	„ 22	32 .9	„ 24	213 .0		
„ 18	38 .0	Juli 4	34 .8	März 8	213 .5		
März 5	282 .0					1873	
„ 21	165 .0	1868/69		1870/71		Jan. 13	95 .9
April 6	47 .1	Juli 10	266 .9	Dez. 27	86 .7	„ 25	100 .9
„ 22	287 .6	„ 22	270 .3	Jan. 8	91 .0	Febr. 6	105 .8
Mai 8	169 .5	Aug. 3	274 .2	„ 20	94 .7	„ 18	110 .7
		„ 15	278 .4	Febr. 1	97 .7	März 2	115 .3
1861		„ 27	283 .0	„ 13	100 .2	„ 14	119 .4
Jan. 24	121 .6	Sept. 8	287 .9	„ 25	102 .1	„ 26	123 .1
Febr. 9	8 .7	„ 20	292 .9	März 9	103 .6	April 7	126 .2
„ 25	255 .0	Okt. 2	297 .8	„ 21	104 .7	„ 19	128 .7
März 13	140 .4	„ 14	302 .4	April 2	105 .4	Mai 1	130 .7
„ 29	25 .0	„ 26	306 .8			„ 13	132 .3
April 14	268 .5	Nov. 7	310 .6	1871/72		„ 25	133 .5
„ 30	151 .0	„ 19	313 .8	Sept. 16	325 .3	Juni 6	134 .4

1874 bis 1875	c	1875 bis 1876	c	1876	c	1877	c
März 7	241°.3	Mai 12	181°.9	April 29	272°.0	1877	
„ 19	246 .2	„ 24	185 .7	Mai 11	277 .0	Juni 13	293°.6
„ 31	250 .8	Juni 5	188 .9	„ 23	281 .9	„ 25	298 .4
April 12	255 .0	„ 17	191 .6	Juni 4	286 .4	Juli 7	302 .9
„ 24	258 .8	„ 29	193 .8	„ 16	290 .4	„ 19	307 .0
Mai 6	262 .0	Juli 11	195 .6	„ 28	294 .0	„ 31	310 .6
„ 18	264 .6	„ 23	197 .0	Juli 10	297 .1	Aug. 12	313 .7
„ 30	266 .8	Aug. 4	198 .0	„ 22	299 .7	„ 24	316 .2
Juni 11	268 .7	„ 16	198 .7	Aug. 3	301 .7	Sept. 5	318 .2
		„ 28	199 .2	„ 15	303 .2	„ 17	319 .7
1875				„ 27	304 .4	„ 29	320 .8
März 13	158 .3	1876		Sept. 8	305 .3	Okt. 11	321 .7
„ 25	163 .2	März 12	253 .8	„ 20	306 .0	„ 23	322 .2
April 6	168 .1	„ 24	258 .0	Okt. 2	306 .4	Nov. 4	322 .6
April 18	172 .9	April 5	262 .4	„ 14	306 .7	Fortsetzung siehe	
„ 30	177 .5	„ 17	267 .1	„ 26	307 .0	Potsdam Publ. 21.	

$$K = c_o + nt + O_E - 40^0.00$$

J. D.	K	J. D.	K	J. D.	K
2390 000	212.13°	2396 000	32.35°	2402 000	212.56°
90 500	107.15	96 500	287.36	02 500	107.58
91 000	2.17	97 000	182.38	03 000	2.60
91 500	257.18	97 500	77.40	03 500	257.62
92 000	152.20	98 000	332.42	04 000	152.63
92 500	47.22	98 500	227.44	04 500	47.65
93 000	302.24	99 000	122.45	05 000	302.67
93 500	197.26	2399 500	17.47	05 500	197.69
94 000	92.27	2400 000	272.49	06 000	92.71
94 500	347.29	00 500	167.51	06 500	347.72
95 000	242.31	01 000	62.53	07 000	242.74
2395 500	137.33	2401 500	317.54	2407 500	137.76

Über den Gebrauch dieser Tabelle vgl. S. 12/13.

Lichtgleichung.

Additive Konstante $40^{0}.00$.

log Δ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.58	$20^{0}.91$	$20^{0}.86$	$20^{0}.82$	$20^{0}.77$	$20^{0}.73$	$20^{0}.69$	$20^{0}.64$	$20^{0}.60$	$20^{0}.55$	$20^{0}.51$
0.59	20 .46	20 .42	20 .37	20 .33	20 .28	20 .24	20 .19	20 .15	20 .10	20 .05
0.60	20 .01	19 .96	19 .92	19 .87	19 .82	19 .78	19 .73	19 .68	19 .64	19 .59
0.61	19 .54	19 .50	19 .45	19 .40	19 .35	19 .31	19 .26	19 .21	19 .16	19 .12
0.62	19 .07	19 .02	18 .97	18 .92	18 .87	18 .82	18 .78	18 .73	18 .68	18 .63
0.63	18 .58	18 .53	18 .48	18 .43	18 .38	18 .33	18 .28	18 .23	18 .18	18 .13
0.64	18 .08	18 .03	17 .98	17 .93	17 .88	17 .83	17 .78	17 .72	17 .67	17 .62
0.65	17 .57	17 .52	17 .47	17 .41	17 .36	17 .31	17 .26	17 .21	17 .15	17 .10
0.66	17 .05	16 .99	16 .94	16 .89	16 .84	16 .78	16 .73	16 .67	16 .62	16 .57
0.67	16 .51	16 .46	16 .41	16 .35	16 .30	16 .24	16 .19	16 .13	16 .08	16 .02
0.68	15 .97	15 .91	15 .86	15 .80	15 .74	15 .69	15 .63	15 .58	15 .52	15 .46
0.69	15 .41	15 .35	15 .29	15 .24	15 .18	15 .12	15 .06	15 .01	14 .95	14 .89
0.70	14 .83	14 .78	14 .72	14 .66	14 .60	14 .54	14 .48	14 .42	14 .37	14 .31
0.71	14 .25	14 .19	14 .13	14 .07	14 .01	13 .95	13 .89	13 .83	13 .77	13 .71
0.72	13. 65	13 .59	13 .53	13 .46	13 .40	13 .34	13 .28	13 .22	13 .16	13 .10
0.73	13. 03	12 .97	12 .91	12 .85	12 .78	12 .72	12 .66	12 .59	12 .53	12 .47
0.74	12. 41	12 .34	12 .28	12 .21	12 .15	12 .09	12 .02	11 .96	11 .89	11 .83
0.75	11. 76	11 .70	11 .63	11 .57	11 .50	11 .44	11 .37	11 .30	11 .24	11 .17
0.76	11. 10	11 .04	10 .97	10 .90	10 .84	10 .77	10 .70	10 .63	10 .57	10 .50
0.77	10. 43	10 .36	10 .29	10 .23	10 .16	10 .09	10 .02	9 .95	9 .88	9 .81
0.78	9. 74	9 .67	9 .60	9 .53	9 .46	9 .39	9 .32	9 .25	9 .18	9 .11
0.79	9. 04	8 .97	8 .89	8 .82	8 .75	8 .68	8 .61	8 .53	8 .46	8 .39
0.80	8. 32	8 .24	8 .17	8 .10	8 .02	7 .95	7 .88	7 .80	7 .73	7 .65
0.81	7. 58	7 .50	7 .43	7 .35	7 .28	7 .20	7 .13	7 .05	6 .98	6 .90
0.82	6. 82	6 .74	6 .67	6 .59	6 .52	6. 44	6 .36	6 .28	6 .21	6 .13
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Lebenslauf.

1887 Juni 10 wurde ich, Hermann, Wilhelm, Johannes, Victor Kritzinger, evangelisch, zu Boitzenburg, Kreis Templin, als Sohn des Pastors Johannes Kritzinger und seiner Frau Babet, geb. Taubner, geboren. 1891 wurde mein Vater als Königlicher Hof- und Domprediger nach Berlin berufen, wo ich meine erste Ausbildung durch Privatunterricht erhielt. Michaelis 1896 trat ich in die Vorschule des hiesigen Königlichen Luisen-Gymnasiums ein. Ostern 1897 wurde ich nach Sexta versetzt und verließ Ostern 1906 die Anstalt mit dem Zeugnis der Reife.

Am 5. April 1906 wurde ich in der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin in der philosophischen Fakultät immatrikuliert, in der ich bis 1911 Ostern meiner Ausbildung oblag, mit Ausnahme des Sommer-Semesters 1907, wo ich in Kiel studierte. Im Verlauf dieser fünf Jahre hörte ich die Vorlesungen folgender Dozenten in Berlin und Kiel:

Philosophie: Riehl, Deussen, Misch.

Psychologie und Physiologie: Stumpf, Abelsdorff, Karl L. Schaefer.

Physik und Chemie: Planck, Drude †, Rubens, Fischer, Boernstein, Miethe (Technische Hochschule in Charlottenburg).

Mathematik: Knoblauch, Schottky, Heffter, Weinnoldt, Hettner, Schur, Schwarz.

Astronomie: Struve, Helmert, Foerster, Harzer, Kreutz †, Bauschinger, Ristenpart, Witt.

Außerdem habe ich zwei Semester am physikalischen Praktikum in Kiel (Lenard) und Berlin (Blasius und Wehnelt) teilgenommen, ferner an den Übungen bei den Herren: Schottky, Struve, Harzer, Kobold, Bauschinger, Ristenpart, Witt.

Unter allen diesen fühle ich mich Herrn Geheimrat Struve, von dem auch die Anregung zu vorliegender Arbeit ausging, zu besonderem Danke verpflichtet.

1907 habe ich von dem Kometen 1907d Elemente, verschiedene Ephemeriden und Beobachtungen veröffentlicht. In den „Astronomischen Nachrichten“ Band 179 erschien meine Untersuchung „Der Komet des Jahres 69 vor Chr. und der Komet Donati (1858 VI)“. Für das „Berliner Astronomische Jahrbuch“ habe ich die Bahnelemente der Kleinen Planeten 1906 UT und 1907 XJ (623) beigetragen. Ende 1910 erschien bei Bertelsmann meine kritische Studie „Der Stern der Weisen“, die im wesentlichen astronomische Untersuchungen betreffend historisch interessante Planetenkonstellationen enthält.

Am 23. November 1911 bestand ich cum laude die Promotionsprüfung.

Berlin, 1911 November 2.